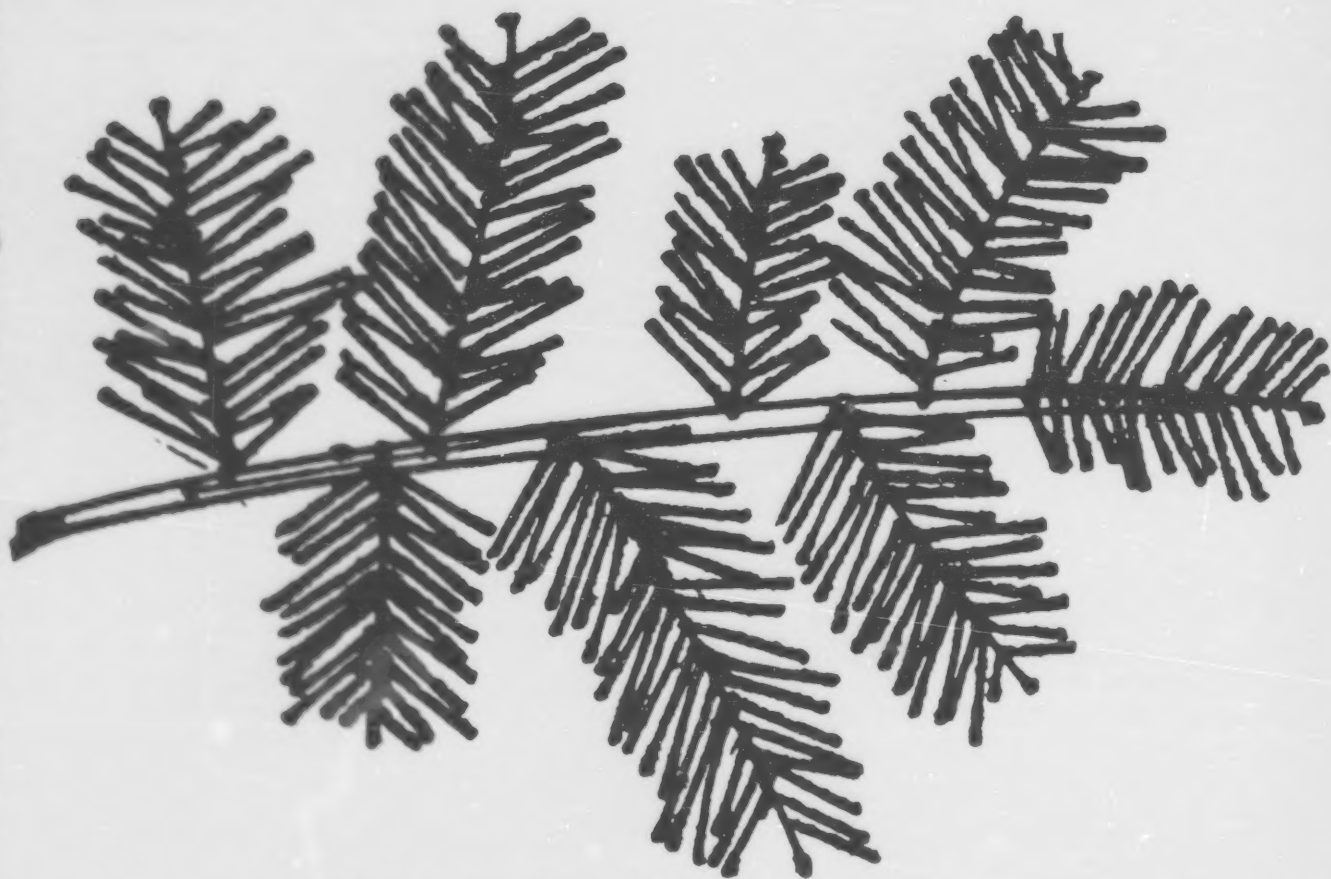
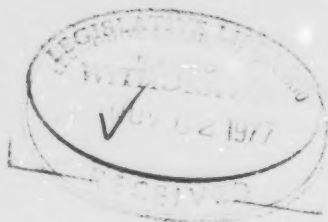


Que
Terres
et for

Méthodes et matériel d'exploitation forestière

1- Analyse

Gérald Gagné
Yves Lévesque
Pierre Lussier
Jean Tomlinson



Ministère des Terres et Forêts
COGEF — Conseillers en gestion des Forêts

METHODES ET MATERIEL
D'EXPLOITATION FORESTIERE

Février 1976





AVANT-PROPOS

Le présent dossier est le fruit d'une étroite collaboration entre certains membres du Groupe COGEF, Yves Lévesque du Groupe de Coordination (MTF), Pierre Lussier de la firme Darveau, Grenier, Lussier et associés, et Jean Tomlinson de la faculté de Foresterie et Géodésie. Certains aspects du dossier ont pu être réalisés grâce à la participation de quelques spécialistes. La plupart des photographies ont été prises par Jean-Guy Faucher, du Service de l'Information du MTF, et les illustrations du matériel ont été conçues par Monique Fouquet, technicienne en arts graphiques. Les informations techniques se rapportant au matériel nous ont été fournies par les distributeurs d'équipements forestiers. Nous leur exprimons nos plus sincères remerciements.

Gérald Gagné
Responsable du dossier
"Méthodes et matériel
d'exploitation forestière"

RESUME

Ce dossier se veut une synthèse des différentes informations disponibles dans le domaine de l'exploitation forestière. Il est essentiellement consacré à l'étude de l'évolution technologique de l'exploitation ainsi qu'à une description détaillée du matériel existant. Les résultats s'appuient sur les hypothèses de travail les plus réalistes. A partir de l'évolution passée et des tendances senties dans les milieux concernés, un effort d'extrapolation a permis d'estimer quelle serait l'orientation prise par la mécanisation dans la prochaine décennie. Le dossier se termine avec la présentation d'un tableau-synthèse où sont regroupées les principales caractéristiques susceptibles de faciliter le choix d'un système d'exploitation dans un contexte donné.

METHODES ET MATERIEL D'EXPLOITATION FORESTIERE - Volume 1

TABLE DES MATIERES

	<u>Pages</u>
AVANT-PROPOS	1
RESUME	11
TABLE DES MATIERES	111
LISTE DES FIGURES	vii
LISTE DES TABLEAUX	x
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1. EVOLUTION TECHNOLOGIQUE ET SES CONSEQUENCES	3
1.1 L'évolution technologique du dernier demi-siècle (1920-1975) ...	3
1.1.1 Etapes de l'évolution	3
1.1.2 Conséquences des innovations produites	12
i) Le coût de la matière première	12
ii) La productivité de la main-d'oeuvre	14
iii) Les conditions de vie et de travail de l'ouvrier forestier	14
iv) L'image de l'ouvrier forestier	16
1.2 L'évolution technologique de la présente décennie (1975-1985) ..	20
1.2.1 Données de l'évolution	20
1.2.1.1 Description des procédés d'exploitation	20
i) Procédés d'exploitation du type B (bois en rondins)	26
ii) Procédés d'exploitation du type A (arbres entiers)	29
iii) Procédés d'exploitation du type T (troncs entiers)	34
iv) Procédés d'exploitation du type C (copeaux) ...	38

	<u>Pages</u>
1.2.1.1 Description des méthodes de chargement	39
1) Les chargeuses à fourche hydraulique	41
ii) Les chargeuses à flèche hydraulique	41
1.2.1.3 Description des méthodes de transport	42
1.2.2 Conséquences des innovations produites	46
1.3 L'évolution technologique après 1985	51
1.3.1 Introduction	51
1.3.2 Les pré-requis de l'évolution technologique	52
1) Utilisation plus complète de l'arbre	52
ii) Utilisation de toutes les essences	53
iii) Séparation des fibres de bois de l'écorce	54
iv) Humanisation du milieu de travail	54
1.3.3 Les procédés d'exploitation	55
1.3.4 Les moyens de transport	57
CHAPITRE 2. ETUDE DU MATERIEL D'EXPLOITATION	58
2.1 Classification retenue pour l'étude du matériel	58
2.1.1 Le matériel de récolte	59
2.1.1.1 Les abatteuses	59
2.1.1.2 Les abatteuses-empileuses	59
2.1.1.3 Les abatteuses-ébrancheuses-étêteuses- empileuses	60
2.1.1.4 Les abatteuses-ébrancheuses-tronçonneuses- étêteuses	60
2.1.1.5 Les abatteuses-ébrancheuses-tronçonneuses- étêteuses-débardeuses	60
2.1.1.6 Les abatteuses-transporteuses	61

	<u>Pages</u>
2.1.2 Le matériel de traitement	61
2.1.2.1 Les ébrancheuses simples	61
2.1.2.2 Les ébrancheuses multiples	61
2.1.2.3 Les ébrancheuses-tronçonneuses	62
2.1.2.4 Les tronçonneuses (mobiles ou fixes)	62
2.1.3 Le matériel de manutention et de transport	62
2.1.3.1 Les transporteurs primaires	62
2.1.3.2 Les chargeuses	63
2.1.3.3 Les transporteurs sur routes	63
2.1.4 Les déchiqueteuses	63
2.2 Brève description technique	64
2.2.1 Les abatteuses-empileuses	64
2.2.2 Les abatteuses-ébrancheuses-étêteuses-empileuses	67
2.2.3 Les abatteuses-ébrancheuses-tronçonneuses-étêteuses	70
2.2.4 Les abatteuses-ébrancheuses-tronçonneuses-étêteuses- débardeuses	71
2.2.5 Les abatteuses-transporteuses	73
2.2.6 Les ébrancheuses simples	76
2.2.7 Les ébrancheuses multiples	78
2.2.8 Les ébrancheuses-tronçonneuses	81
2.2.9 Les tronçonneuses	86
2.2.10 Le matériel de transport primaire	88
2.2.11 Les déchiqueteuses "Chippers"	93
2.2.12 Le matériel de transport final	95
2.2.12.1 Le flottage	95
2.2.12.2 Le transport ferroviaire	97
2.2.12.3 Le transport par barge	101

	<u>Pages</u>
2.3 Usage actuel et potentiel d'avenir	101
2.3.1 Usage actuel	101
2.3.2 Potentiel d'avenir	104
i) Remarques concernant la période 1975-1980	104
ii) Remarques concernant la période 1980-2000	106
2.4 Méthode d'établissement des fonctions de production	106
2.4.1 Les différentes étapes de la méthodologie	106
i) Formulation de l'objectif et identification des contraintes de travail	107
ii) Préparation du protocole expérimental	107
iii) Observation systématique	108
iv) Analyse des observations et synthèse des résultats	108
2.4.2 Les facteurs d'ajustement de la productivité	109
2.5 Fonctions de production et degré de fiabilité	113
2.6 Simulation du coût unitaire d'utilisation de l'équipement en fonction des paramètres de l'équipement et des variables du milieu	115
2.6.1 Le modèle de simulation	115
2.6.2 Exemple d'une simulation du programme SIMAT	118
2.6.3 Les facteurs d'ajustement du coût	120
CHAPITRE 3. SIMULATION DES PRINCIPAUX PROCÉDES D'EXPLOITATION	124
3.1 Le modèle de simulation	124
3.2 Illustration des systèmes d'exploitation simulés	127
3.3 Exemple d'une simulation du programme SIMSYS	127
3.4 Analyse des résultats obtenus	151
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	155
TERMINOLOGIE RELATIVE A L'EXPLOITATION FORESTIERE	157
REFERENCES	163

LISTE DES FIGURES

	<u>Pages</u>
FIGURE A1 - Mode populaire de débusquage avant 1965.	8A
FIGURE 1. - Augmentation du coût du bois et des salaires de la main-d'oeuvre forestière au Québec. Période 1955-1975 (année de référence: 1955).	13
FIGURE 2. - Evolution de la productivité dans les exploitations forestières. Période 1955-1975. (année de référence: 1955).	15
FIGURE 3. - Camp forestier.	18
FIGURE 4. - Vie au camp.	19
FIGURE 5. - Procédés d'exploitation en rondins.	22
FIGURE 6. - Procédés d'exploitation en arbres entiers.	23
FIGURE 7. - Procédés d'exploitation en troncs entiers.	24
FIGURE 8. - Procédés d'exploitation en arbres entiers avec mise en copeaux en forêt.	25
FIGURE 9. - Procédé d'exploitation en rondins - abattage manuel (B-1).	27
FIGURE 10. - Procédé d'exploitation en rondins - abattage mécanisé (B-2).	28
FIGURE 11. - Procédé d'exploitation en arbres entiers - abattage manuel (A-1).	31
FIGURE 12. - Procédé d'exploitation en arbres entiers - abattage mécanisé (A-2).	32
FIGURE 13. - Procédé d'exploitation en troncs entiers - abattage manuel (T-1) Transport de rondins.	36
FIGURE 14. - Procédé d'exploitation en troncs entiers - abattage manuel (T-1) Transport de troncs entiers.	37
FIGURE 15. - Procédé d'exploitation en troncs entiers suivis d'une mise en copeaux (C-2).	40
FIGURE 16. - Chargeuse de troncs entiers à flèche hydraulique.	43
FIGURE 17. - Chargeuse de troncs entiers à fourche hydraulique.	44
FIGURE 18. - Transport de troncs entiers.	47
FIGURE 18A - Transport d'arbres entiers.	47A

Pages

FIGURE 18B - Transport en vrac.	47B
FIGURE 19. - Prévisions de la productivité en exploitation forestière au Québec (jusqu'à 1985).	49
FIGURE 20. - Prévisions d'augmentation des coûts du bois au Québec. (jusqu'à 1985).	50
FIGURE 21. - Abattage manuel.	65
FIGURE 22. - Abatteuse-ébrancheuse-étêteuse-empileuse.	68
FIGURE 22A - Abatteuse-ébrancheuse-empileuse.	68A
FIGURE 23. - Abatteuse-ébrancheuse-tronçonneuse-débardeuse.	72
FIGURE 24. - Abatteuse-transporteuse.	75
FIGURE 25. - Ebrancheuse simple.	77
FIGURE 26. - Ebrancheuse multiple.	80
FIGURE 27. - Ebrancheuse-tronçonneuse à production de billes de longueurs variables.	82
FIGURE 28. - Ebrancheuse-tronçonneuse à production de billes de longueur constante	83
FIGURE 29. - Tronçonneuse.	87
FIGURE 30. - Débardeuse de rondins.	90
FIGURE 31. - Débusqueuse à câbles.	91
FIGURE 32. - Débusqueuse à pince.	91A
FIGURE 33. - Flottage.	96
FIGURE 34. - Dallage.	98
FIGURE 35. - Transport par bateau.	100
FIGURE 36. - Touage	100A
FIGURE 37. - Nombre de machines en opération par type de machine en 1974.	103
FIGURE 38. - Evolution de la mécanisation en forêt de 1950 à 2000.	105
FIGURE 39. - Ajustement de la productivité.	111
FIGURE 40. - Détermination du facteur d'exploitabilité.	112

	<u>Pages</u>
FIGURE 41. - Représentation graphique d'une fonction de production.	114
FIGURE 42. - Organigramme logique simplifié du programme SIMAT.	117
FIGURE 43. - Analyse d'une opération forestière.	119
FIGURE 44. - Nomogramme d'ajustement du coût de production.	122
FIGURE 45. - Nomogramme d'ajustement économique.	123
FIGURE 46. - Modèle de simulation des procédés d'exploitation.	126
FIGURE 47. - Procédé A1 - 4A.	128
FIGURE 48. - Procédé A1 - 1T.	129
FIGURE 49. - Procédé A1 - 2B.	130
FIGURE 50. - Procédé A1 - 3B.	131
FIGURE 51. - Procédé A2 - 4A.	132
FIGURE 52. - Procédé A2 - 1T.	133
FIGURE 53. - Procédé A2 - 2B.	134
FIGURE 54. - Procédé A2 - 3B.	135
FIGURE 55. - Procédé T1 - 1T.	136
FIGURE 56. - Procédé T1 - 3T.	137
FIGURE 57. - Procédé T1 - 2B.	138
FIGURE 58. - Procédé T1 - 4B.	139
FIGURE 59. - Procédé T2 - 1T.	140
FIGURE 60. - Procédé T2 - 3T.	141
FIGURE 61. - Procédé T2 - 2B.	142
FIGURE 62. - Procédé T2 - 4B.	143
FIGURE 63. - Procédé B1 - 1B.	144
FIGURE 64. - Procédé B1 - 2B.	145
FIGURE 65. - Procédé B2 - 1B.	146
FIGURE 66. - Procédé B2 - 2B.	147

LISTE DES TABLEAUX

	<u>Pages</u>
Tableau 1. Caractéristiques d'un chantier de coupe en 1975.	17
Tableau 2. Description des principaux procédés d'exploitation.	21
Tableau 3. Simulation des procédés d'exploitation - données unitaires.	148
Tableau 4. Simulation des procédés d'exploitation - coupe de 100,000 cunits / année.	149
Tableau 5. Simulation des procédés d'exploitation - données d'entrée.	150
Tableau 6. Sommaire des résultats des simulations.	152

INTRODUCTION

La technologie des travaux d'exploitation forestière forme l'ensemble des techniques, machines et outils utilisés dans les diverses phases de l'exploitation forestière. Cette dernière activité constitue un élément important dans l'un des secteurs dominants de l'économie du Québec; à titre d'exemples, l'on peut mentionner que les frais liés à la récolte du bois représentent, pour l'industrie des pâtes et papiers, de 40% à 50% des frais totaux de fabrication, et pour celle du sciage, de 50% à 60%, et qu'ils signifient un budget global de quelque \$550,000,000.00. Mise à part son importance purement économique, l'exploitation forestière touche une main-d'oeuvre considérable (environ 20,000 personnes), depuis les ouvriers forestiers jusqu'aux surintendants, et connaît actuellement une évolution très rapide.

Le présent travail constitue un jalon en vue d'une meilleure connaissance de la technologie de l'exploitation forestière et porte essentiellement sur les trois plans suivants:

- historique de l'évolution technologique rencontrée au dernier demi-siècle
- observation détaillée de la technologie actuelle
- extrapolation d'une technologie pour la prochaine décennie

Les parties reliées à l'historique et à l'extrapolation seront étudiées de façon succincte, alors que l'observation de la technologie actuelle sera plus approfondie; on y présentera entre autres:

- une description complète des principaux équipements
- une analyse comparative des procédés d'exploitation les plus couramment utilisés
- l'étude ergonomique de l'homme face à cette évolution.

L'étude s'appuie sur des données de base obtenues de divers milieux de l'industrie forestière ainsi que sur les hypothèses de travail jugées les plus réalistes et les plus significatives.

CHAPITRE 1. EVOLUTION TECHNOLOGIQUE ET SES CONSEQUENCES

1.1 L'évolution technologique du dernier demi-siècle (1920-1975).

1.1.1 Etapes de l'évolution

L'évolution technologique qui s'est produite en exploitation forestière au cours des années 1920-1975 peut être subdivisée en cinq étapes, en fonction des inventions importantes qui les caractérisent. Chacune de ces étapes est présentée aux pages 6 à 11 accompagnée des principaux traits qui l'identifient. On pourra mieux visualiser cette évolution en explicitant quelque peu chacun de ses éléments constitutants qui sont: l'évolution reliée à l'abattage et au débardage, l'évolution reliée au transport ainsi que l'évolution reliée à la main-d'oeuvre.

Quatre événements d'importance caractérisent l'évolution des phases d'abattage et de débardage: 1) La scie mécanique remplace totalement les outils artisanaux qu'étaient la hache et la sciote, cette substitution se finalisant au cours des années 1950-1960; 2) l'introduction sur une très grande échelle des débusqueuses à roues amène graduellement le remplacement du procédé d'exploitation en rondins par celui en troncs entiers et ceci entre les années 1960 et 1975; 3) de nombreux types d'équipements dont le rôle est de mécaniser l'ensemble des phases de l'exploitation font leur apparition dans les années 1965-1975; 4) plusieurs de ces équipements sont des adaptations de matériels

utilisés dans l'industrie de la construction; certains sont remplacés par des engins à fonctions multiples, tout particulièrement construits pour l'exploitation forestière.

Les diverses activités reliées au transport connaissent une évolution parallèle non moins importante. Durant plus de la moitié de ce demi-siècle, le bois est presque exclusivement flotté jusqu'aux usines de transformation. Au cours de la décennie 1950-1960 cependant, le camionnage fait son apparition sans affecter sensiblement l'importance du flottage. Dans la décennie qui suit, s'appuyant sur un réseau routier forestier en continuelle amélioration tant qualitative que quantitative, le camionnage prend une importance certaine au détriment du flottage qui devient en nette perte de vitesse; un des facteurs expliquant cette diminution du flottage est la volonté de réduire le coût des inventaires. Ce développement du réseau routier amène d'ailleurs certaines autres conséquences, telles que l'accès plus facile des ouvriers à la forêt et une prolongation sensible de la saison d'exploitation.

Une telle évolution technologique comporte certaines incidences sur la main-d'oeuvre. Au début, le travailleur oeuvrant en exploitation forestière provient d'un milieu agricole; il considère cette dernière activité comme complémentaire à ses activités rurales; il n'est pas particulièrement formé aux diverses techniques de l'exploitation mais les outils alors utilisés rendent cette formation inutile. Par la suite cependant, avec l'arrivée sur les chantiers de

coupe d'équipements de plus en plus mécanisés, la spécialisation devient d'abord un atout précieux et finalement une condition presque sine qua non d'embauche. Parallèlement à ce besoin de plus en plus pressant de spécialisation, l'énergie nécessaire aux diverses activités d'exploitation résultant d'abord entièrement de l'homme et de l'animal sera par la suite puisée dans la machine. Même si le travail est de moins en moins exigeant physiquement et de plus en plus intéressant techniquement, certains autres facteurs conjugués amènent une pénurie de main-d'oeuvre en forêt et rendent plus urgentes d'une part la mécanisation intégrale des opérations, et d'autre part, la mise en place d'une politique de main-d'oeuvre rationnelle, incitant l'ouvrier à oeuvrer dans le secteur forestier.

La période 1920-1975 se traduit donc par un ensemble de bouleversements profonds et significatifs, aussi bien reliés à l'homme qu'à la machine. La rapidité de ces derniers combinée au développement industriel rencontré dans tous les domaines de la technologie permettent quelque peu d'estimer les données de l'évolution prévisible pour la décennie 1975-1985, ainsi que celles extrapolées pour la période qui suivra cette décennie.

Etapes de l'évolution technologique en exploitation forestière au cours
des années 1920-1975

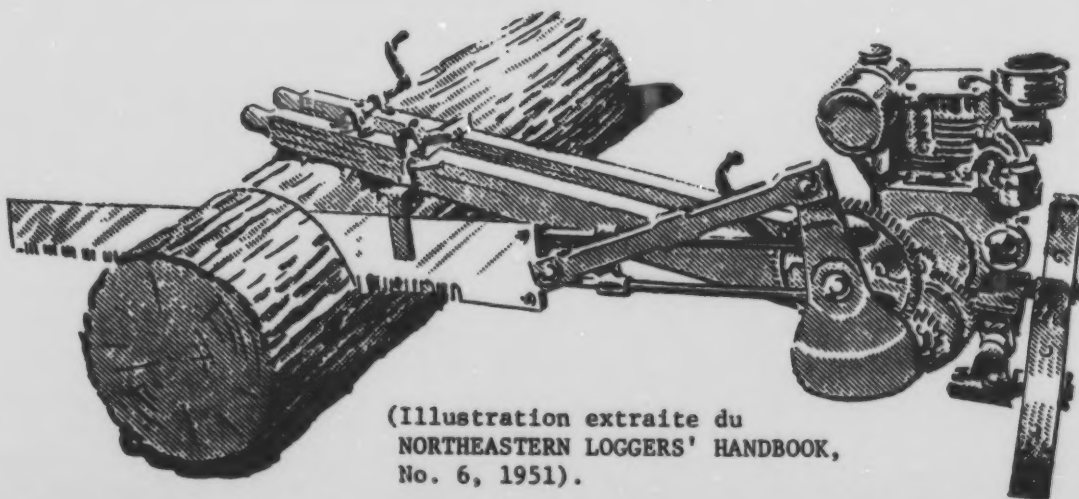
Période: 1920-1940

Inventions
importantes:

- première scie mécanique (1926): 140 lbs.
- premier camion (1931)
- premier tracteur utilisé dans la construction de routes (1935)
- auto-neige

Etat de
l'évolution
technologique:

Aucune mécanisation. La hache et la sciote sont les outils utilisés pour l'abattage, l'ébranchage et le tronçonnage des arbres. Le bois est transporté en hiver jusqu'aux rivières et lacs par des chevaux. En été, le bois est flotté jusqu'à l'usine de transformation. Toute forme de manutention est manuelle.



(Illustration extraite du
NORTHEASTERN LOGGERS' HANDBOOK,
No. 6, 1951).

Etapes de l'évolution technologique en exploitation forestière au cours
des années 1920-1975 (suite)

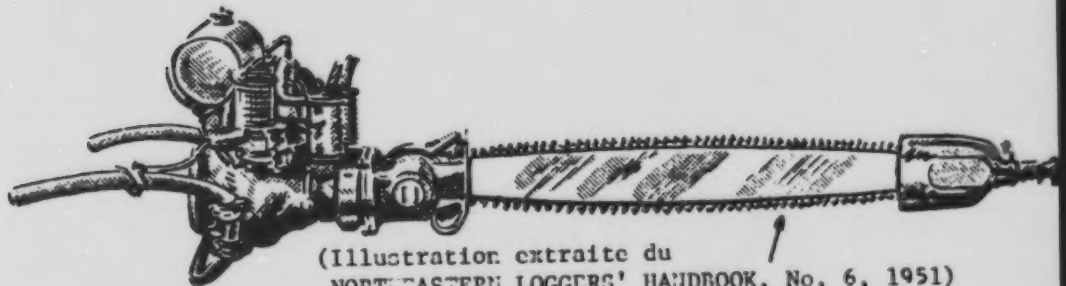
Période: 1940-1950

Inventions
importantes:

Apparition de scies mécaniques plus légères vers la fin
de la décennie: 25-30 lbs.

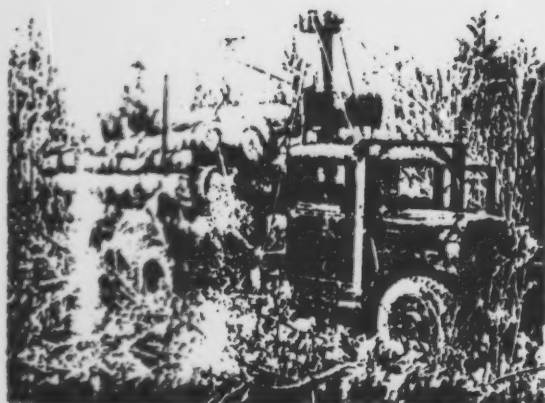
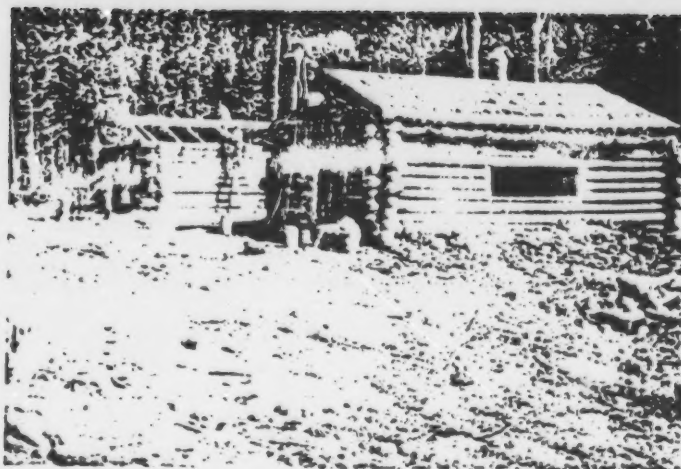
Etat de
l'évolution
technologique:

Mécanisation très primaire. L'auto-neige remplace partiellement le cheval dans le transport du bois jusqu'aux rivières et aux lacs. Cette dernière opération commence aussi à se faire à l'aide de camions standards, à faible capacité de charge (4-7 cunits). Toute forme de manutention est manuelle.



(Illustration extraite du
NORTHEASTERN LOGGERS' HANDBOOK, No. 6, 1951)





(Illustrations extraites du NORTHEASTERN LOGGERS' HANDBOOK, No. 6, 1951)



FIG. A1. - Mode populaire de débusquage avant 1965.



Etapes de l'évolution technologique en exploitation forestière au cours
des années 1920-1975 (suite)

Période: 1950-1960

Inventions
importantes:

- apparition de scies mécaniques très légères: 10-20 lbs.
- petits tracteurs à chenilles ou roues, toutes saisons (J-5, REDRAM)
- camions à plate-forme amovible.

Etat de
l'évolution
technologique:

La mécanisation continue son développement. La scie mécanique fait disparaître totalement la hache et la sciote. Le cheval et l'auto-neige cèdent graduellement leur place au petit débardeur à chenilles et à roues. Le transport d'été fait son apparition et le transport toutes saisons connaît une certaine importance. La popularité du flottage diminue. La saison d'exploitation s'allonge. De travailleur agricole qu'il était, l'ouvrier forestier commence à se spécialiser. Toute forme de manutention est manuelle.

Etapes de l'évolution technologique en exploitation forestière au cours
des années 1920-1975 (suite)

Période: 1960-1965

Inventions
importantes:

- débusqueuses à roues et à châssis articulé
- camions à forte capacité de charge: 15-20 cunits
- chargeuses hydrauliques
- tronçonneuses mécaniques
- abatteuses mécaniques.

Etat de
l'évolution
technologique:

L'introduction de la débusqueuse à roues marque un pas très important de la mécanisation forestière, amenant le remplacement graduel de l'exploitation en rondins par l'exploitation en troncs entiers. Les camions à plus forte capacité de charge prennent de l'importance. L'apparition des chargeuses hydrauliques rend la manutention des bois de plus en plus mécanisée ¹. Le réseau routier s'améliore tant en densité qu'en qualité. Le flottage est en très nette perte de vitesse. Les conditions de vie en forêt s'améliorent considérablement. L'ouvrier forestier devient de plus en plus spécialisé. Le travail en équipe remplace le travail individuel.

(1) Certaines autres opérations, telles l'abattage et le tronçonnage, connaissent des débuts de mécanisation.

Etapes de l'évolution technologique en exploitation forestière au cours
des années 1920-1975 (suite)

Période: 1965-1975

Inventions
importantes:

Apparition sur le marché d'un très large éventail d'équipements spécialisés dont les descriptions détaillées apparaissent dans les subdivisions ultérieures de ce travail.

Etat de
l'évolution
technologique:

Cette décennie marque le début d'une mécanisation intégrale des opérations forestières et toutes les phases de l'exploitation y sont soumises. Plusieurs engins à fonctions simples et multiples font leur apparition. Les dépenses d'énergie humaine sont réduites au minimum. L'ouvrier forestier est définitivement devenu un ouvrier spécialisé. Les conditions de vie et de travail en forêt s'améliorent de plus en plus. Les manufacturiers commencent à s'appuyer sur des principes ergonomiques dans le "design" des nouveaux équipements. En dépit d'un tel contexte, l'industrie forestière connaît une sérieuse pénurie de main-d'oeuvre.

1.1.2 Conséquences des innovations produites

Les innovations du dernier demi-siècle ont eu des conséquences surtout dans quatre secteurs particuliers: i) le coût de la matière première, ii) la productivité de la main-d'oeuvre, iii) les conditions de vie et de travail de l'ouvrier forestier, iv) l'image de l'ouvrier forestier. Comme les statistiques précises concernant ces éléments n'existent que depuis 1955, les considérations suivantes seront faites à partir de cette dernière année; il est bon de se rappeler ici que cette période couvre toutefois les principales inventions dont il a été fait mention à la rubrique 1.1.1.

1) Le coût de la matière première

On montre à la figure 1 les courbes de l'indice des coûts de la matière première et des salaires, retenant l'année 1955 comme année de référence. On constate que les salaires ont augmenté à un taux d'intérêt composé de 7% pour les années 1955-1970, et de 15% pour la période 1970-1975. Le coût du bois a crû à un taux de 3% jusqu'à 1970, et de 10 à 12% pour les années 1970-1975; il en découle une contribution de l'évolution technologique à la diminution des coûts de l'ordre de 4%.

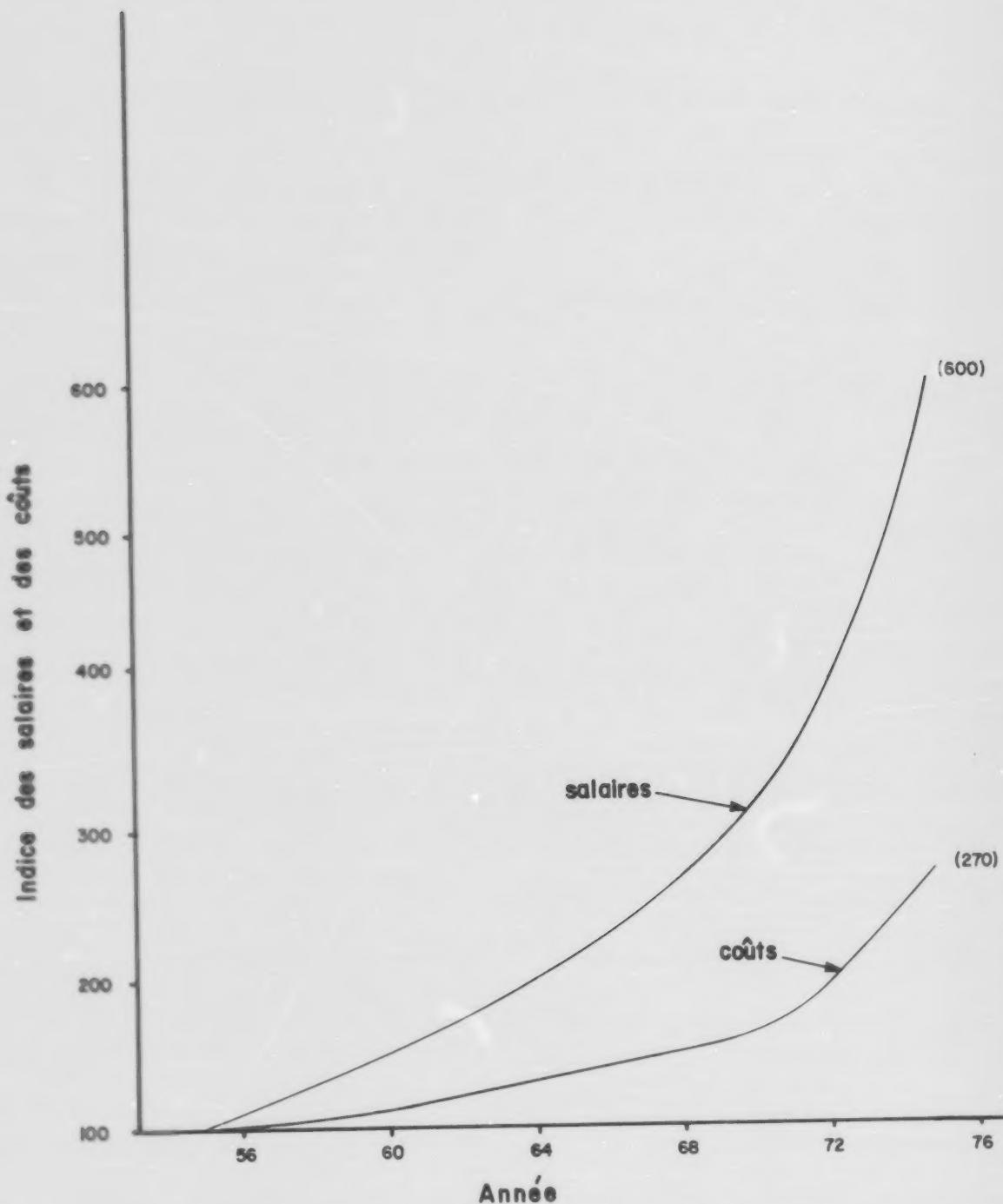


FIGURE 1. AUGMENTATION DU COÛT DU BOIS ET DES SALAIRES DE LA MAIN D'OEUVRE FORESTIÈRE AU QUÉBEC. PÉRIODE 1955-1975 (année de référence: 1955)

ii) La productivité de la main-d'oeuvre

L'analyse de la figure 2 révèle que la productivité de la main-d'oeuvre, exprimée en heures-homme/cunit, est passée de quelque 14 en 1955 à un peu moins de 4 en 1975. A peu de choses près, elle a plus que triplé durant la période 1960-1975. Il importe de mentionner que le nombre d'hommes utilisé dans le calcul de cette productivité comprend la main-d'oeuvre indirecte, incluant jusqu'aux surintendants de camps. Le taux annuel d'augmentation est de quelque 6.2%.

iii) Les conditions de vie et de travail de l'ouvrier forestier

Durant cette période, l'ouvrier forestier a vu ses conditions de vie et de travail s'améliorer considérablement. La stabilisation des opérations, résultante de l'évolution technologique, a permis d'allonger la durée de la saison d'exploitation. Des machines de plus en plus sophistiquées ont rendu le travail moins laborieux et moins exigeant d'un point de vue énergétique. Au fur et à mesure que se développait le réseau routier, l'accès à la forêt devenait plus rapide. Conséquence indirecte de cette situation, les conditions de vie en forêt se sont améliorées, se faisant plus alléchantes pour les ouvriers. Toutes ces

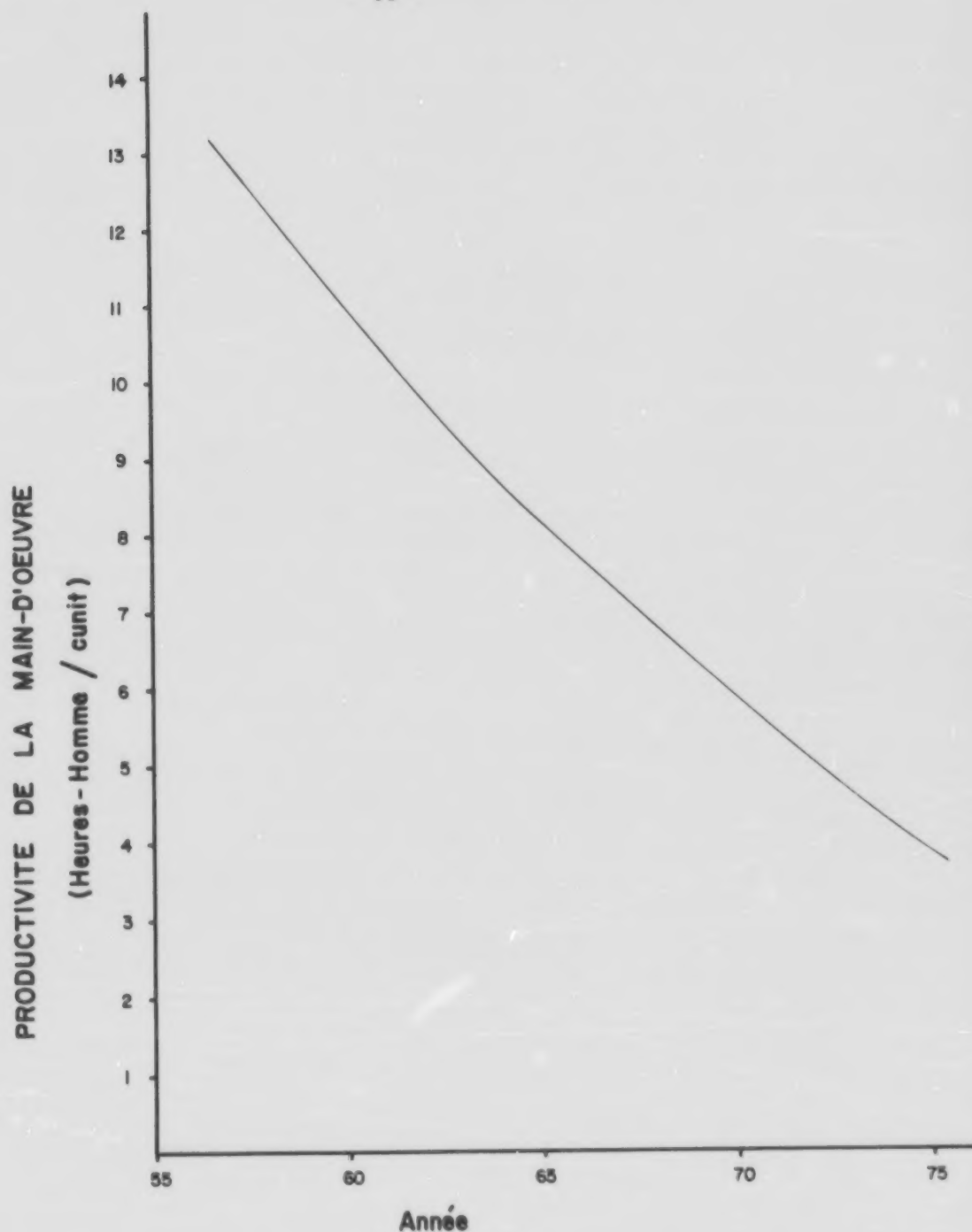


FIGURE 2. ÉVOLUTION DE LA PRODUCTIVITÉ DANS LES EXPLOITATIONS FORESTIÈRES. PÉRIODE 1955-1975 (année de référence : 1955)

transformations ne signifient toutefois pas que les conditions de vie et de travail aient alors atteint un summum d'excellence. Les problèmes rencontrés dans l'industrie depuis 1972 en témoignent de façon plus qu'évidente.

iv) L'image de l'ouvrier forestier

Tel que brièvement mentionné à la rubrique 1.1.1, les innovations technologiques ont grandement modifié l'image traditionnelle de l'ouvrier forestier. Au début des années cinquante, le travail en forêt était dans une large mesure complémentaire de l'exploitation agricole. Les ouvriers de cette époque, des cultivateurs, "montaient aux chantiers" après avoir terminé leur récolte. Le procédé d'exploitation en rondins de quatre pieds pour l'industrie des pâtes et papiers et de 12 ou 16 pieds pour l'industrie du sciage n'exigeait que très peu d'investissement. Le cultivateur utilisait pour la coupe et le débardage les outils - hache, sciote, etc... - et les chevaux de son domaine agricole. Le chantier, où l'on ne trouvait que de pauvres cabanes en bois rond, était de faible taille - de 5,000 à 7,000 cunits - et confié à un entrepreneur qui embauchait les gens de son village et des villages voisins. Le réseau routier était constitué en grande partie de routes d'hiver et le transport des rondins se faisait par voie de flottage des petites

et grandes rivières.

Vingt ans plus tard, le "chantier" s'est transformé en un centre moderne de production qui peut se décrire brièvement comme suit:

Tableau 1. Caractéristiques d'un chantier de coupe en 1975

ELEMENT D'INFORMATION	PRINCIPALES CARACTERISTIQUES
Volume de production	50,000 à 100,000 cunits par année
Administration	La société utilisatrice de bois en a pris la charge et les responsabilités sont confiées à des ingénieurs forestiers qui s'entourent de contre-maîtres, de mécaniciens et autres spécialistes hautement qualifiés
Accès aux aires d'exploitation	Par automobile, autobus et avion. Le réseau routier est excellent dans son ensemble
Durée de la saison d'exploitation	Plus de neuf mois par année. A noter cependant que la stabilité de la main-d'oeuvre n'existe pas encore. Le travail forestier n'est plus complémentaire de l'exploitation agricole
Qualité du logement	Excellente. Des maisonnettes amovibles, offrant tout le confort des maisons de ville, ont remplacé les cabanes en bois rond
Type d'énergie	Toutes les opérations peuvent être mécanisées
Paradoxe	Fort taux de chômage mais pénurie de main-d'oeuvre et ceci, en dépit de l'amélioration considérable des conditions de travail et des salaires élevés aux ouvriers



FIG. 3. - Camp forestier.

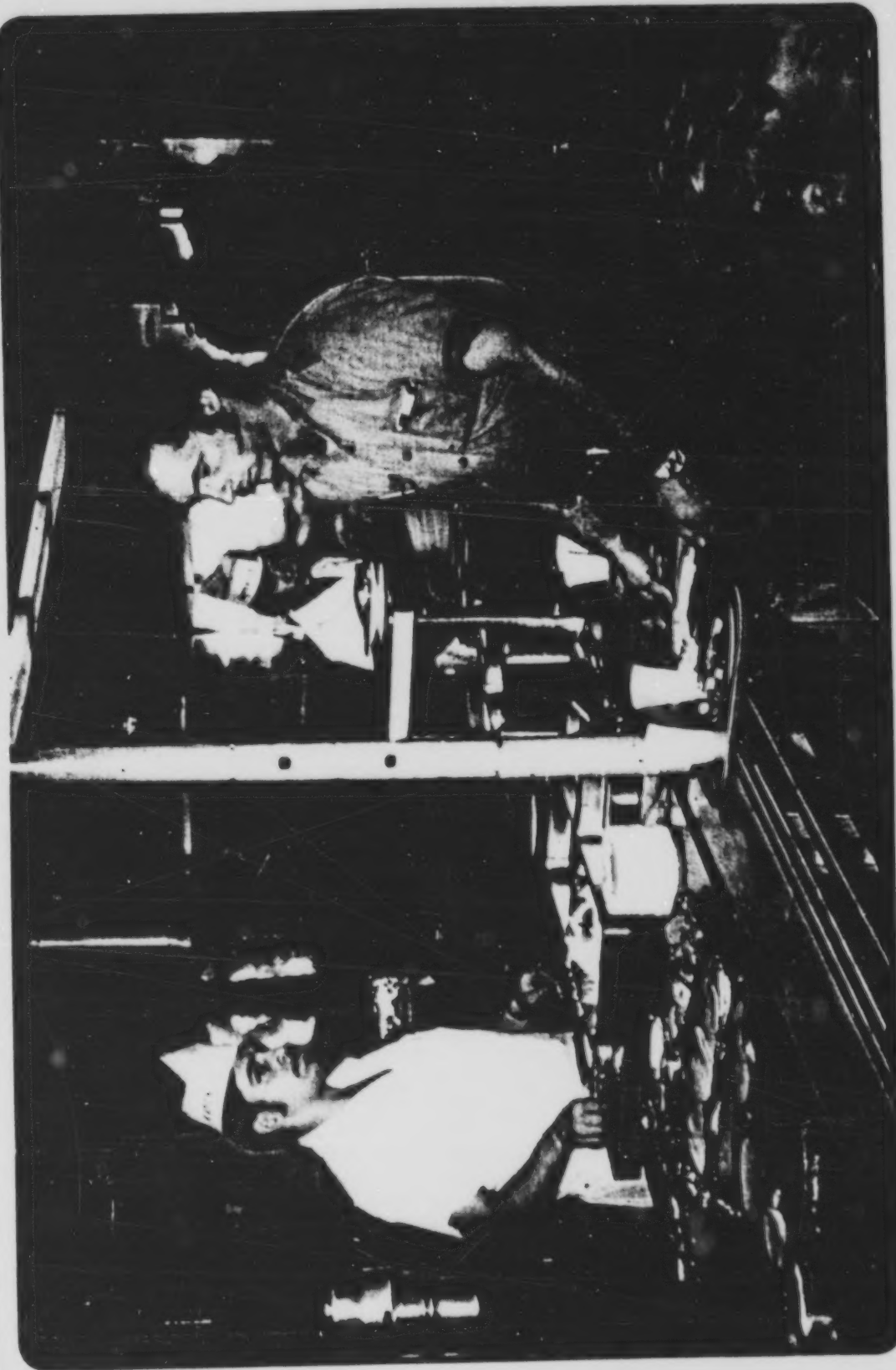


FIG. 4. - Vie au camp.

1.2 L'évolution technologique de la présente décennie 1975-1985

1.2.1 Données de l'évolution

La présente décennie est celle de la mécanisation intégrale des diverses phases de l'exploitation forestière: on y connaîtra aussi plusieurs essais d'automatisation. Depuis 1960, d'importantes sommes d'argent ont été investies dans la recherche et le développement d'engins capables d'accomplir toutes les opérations de façonnage et de transport, de la souche à l'usine. Les résultats satisfaisants de ces diverses tentatives ne seront probablement pas atteints avant les années quatre-vingts.

Les manufacturiers ont mis au point une quantité impressionnante d'engins: certains ont été adoptés, certains tolérés et d'autres rejetés. Les plus couramment utilisés seront analysés en détail au chapitre 2. Il nous apparaît quand même utile à ce stade-ci de décrire sommairement les principaux procédés d'exploitation actuellement en usage ou qui le seront au cours des années 1975-1985. On fera de plus mention des principales méthodes de chargement et de transport, ainsi que de l'évolution qu'elles ont subie ou subiront durant la présente décennie.

1.2.1.1 Description des procédés d'exploitation

On classe généralement les principaux procédés en fonction de la forme que prend le produit lors de son transport



de la souche à la route de camionnage. Ainsi, dans l'état actuel de la recherche, on peut reconnaître quatre types de procédés: ils apparaissent au tableau suivant:

Tableau 2. Description des principaux procédés d'exploitation

Type	Sous-type	Description
B	B1	Bois en rondins, partiellement mécanisé
	B2	Bois en rondins, entièrement mécanisé
A	A1	Arbres entiers, partiellement mécanisé
	A2	Arbres entiers, entièrement mécanisé
T	T1	Troncs entiers, partiellement mécanisé
	T2	Troncs entiers, entièrement mécanisé
C	C1	Arbres entiers et mise en copeaux en forêt, partiellement mécanisé.
	C2	Arbres entiers et mise en copeaux en forêt, entièrement mécanisé

Il est bon de souligner ici que les procédés de bois en rondins et en copeaux sont surtout conçus en fonction de l'industrie des pâtes et papiers alors que les procédés en troncs entiers et en arbres entiers conviennent aussi bien à l'industrie des pâtes qu'à celle des bois d'oeuvre.

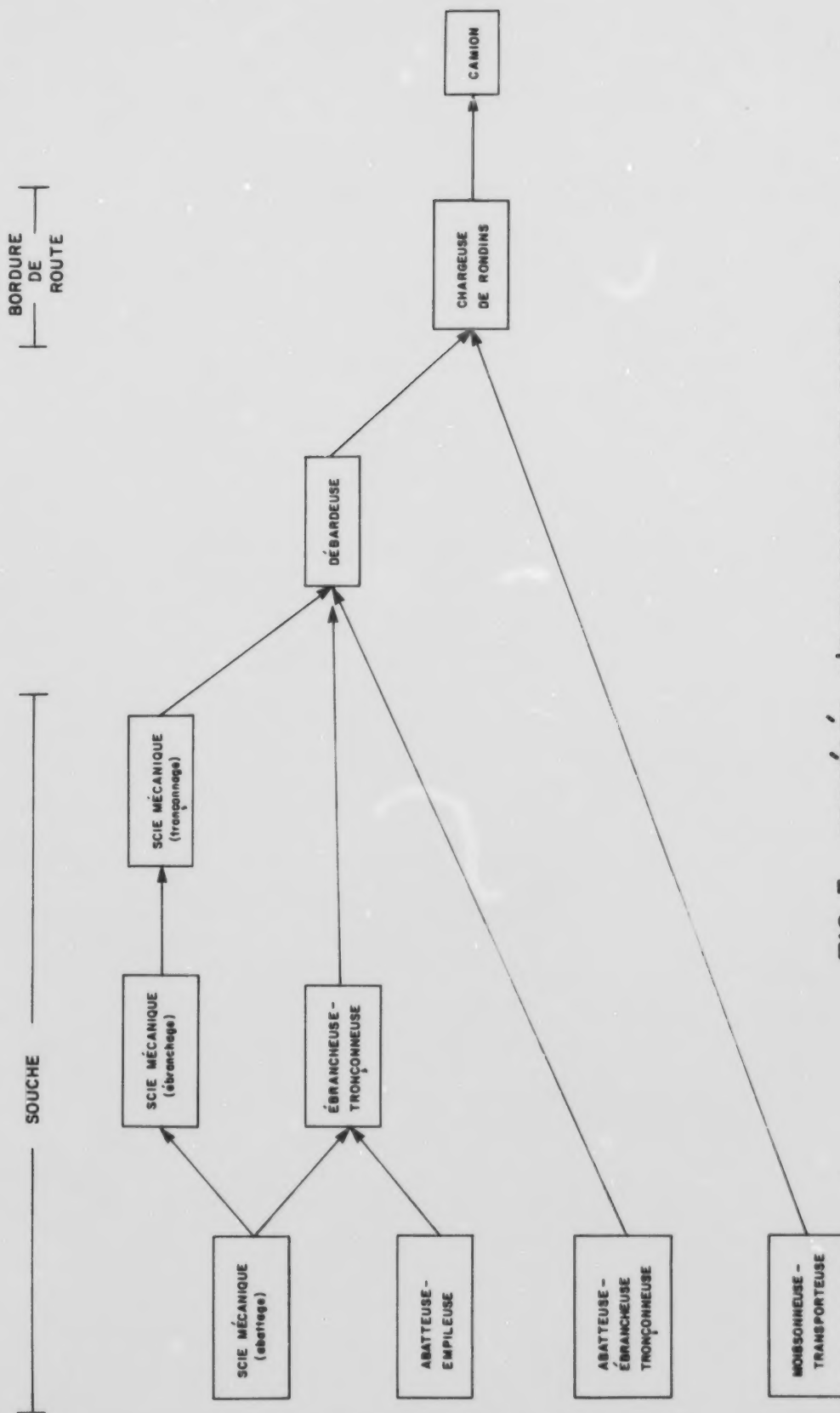


FIG.5 PROCÉDÉS D'EXPLOITATION EN RONDINS

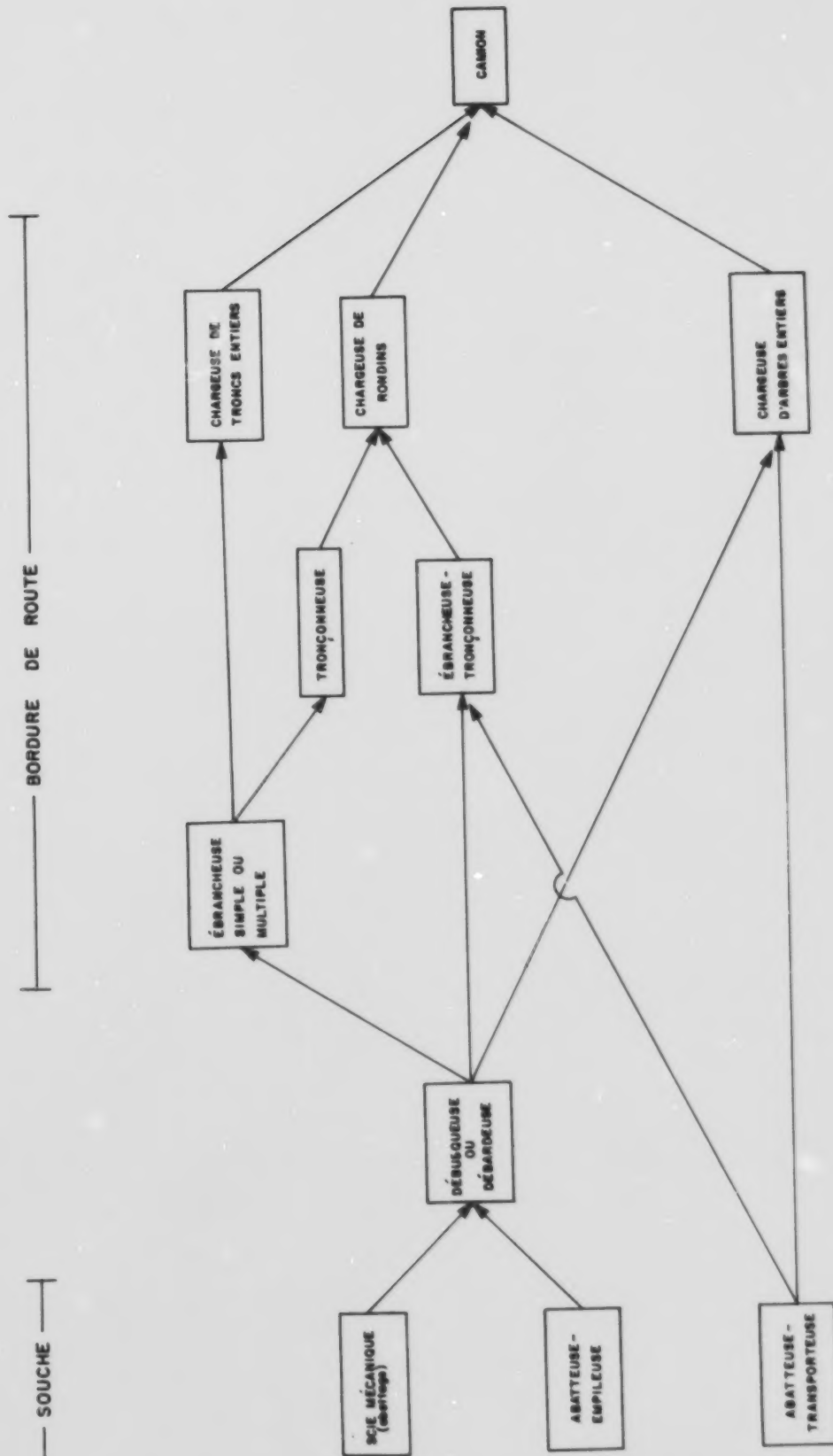


FIG. 6 PROCÉDÉS D'EXPLOITATION EN ARBRES ENTIERS

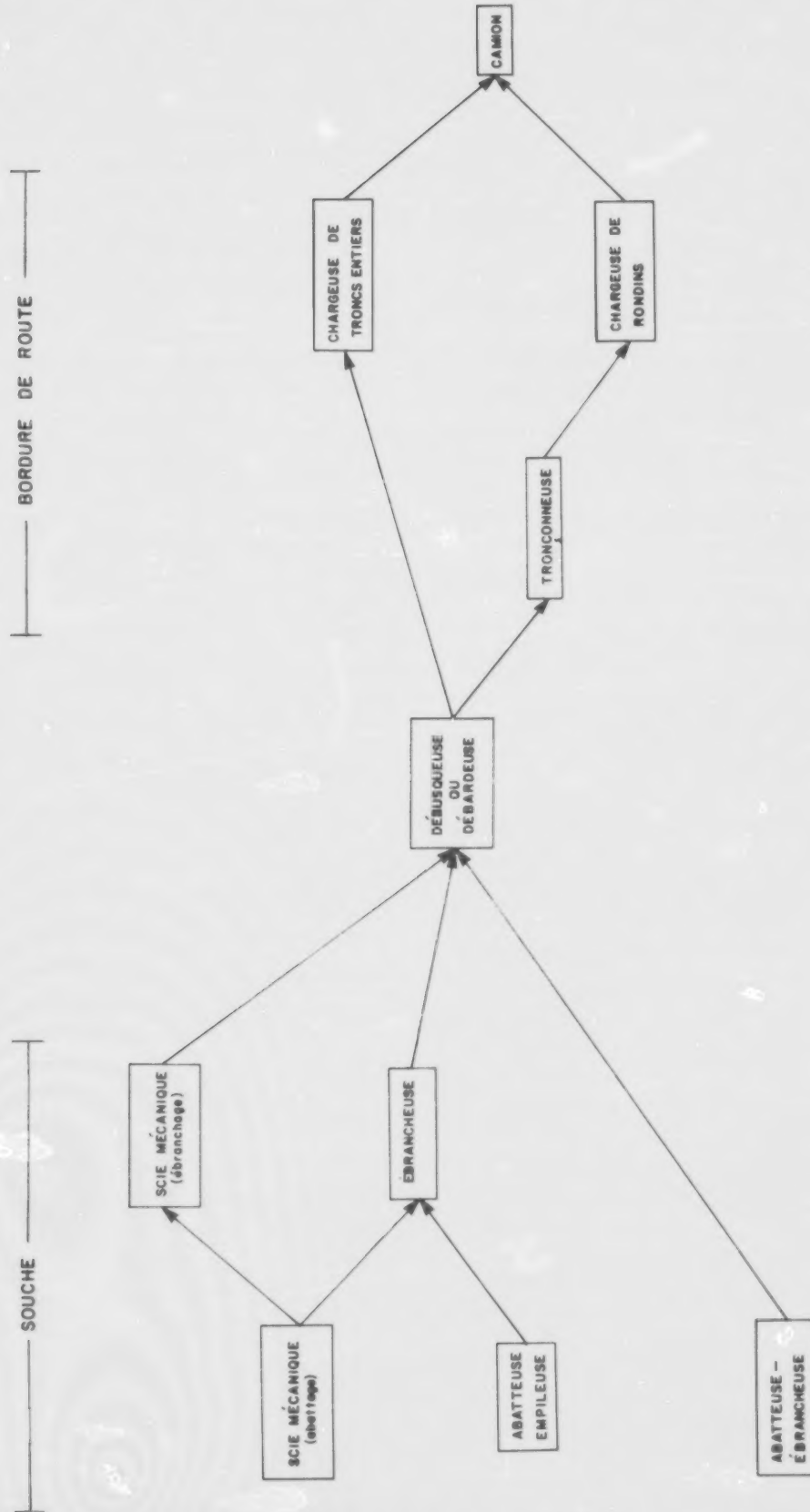


FIG.7 PROCÉDÉS D'EXPLOITATION EN TRONCS ENTIERS

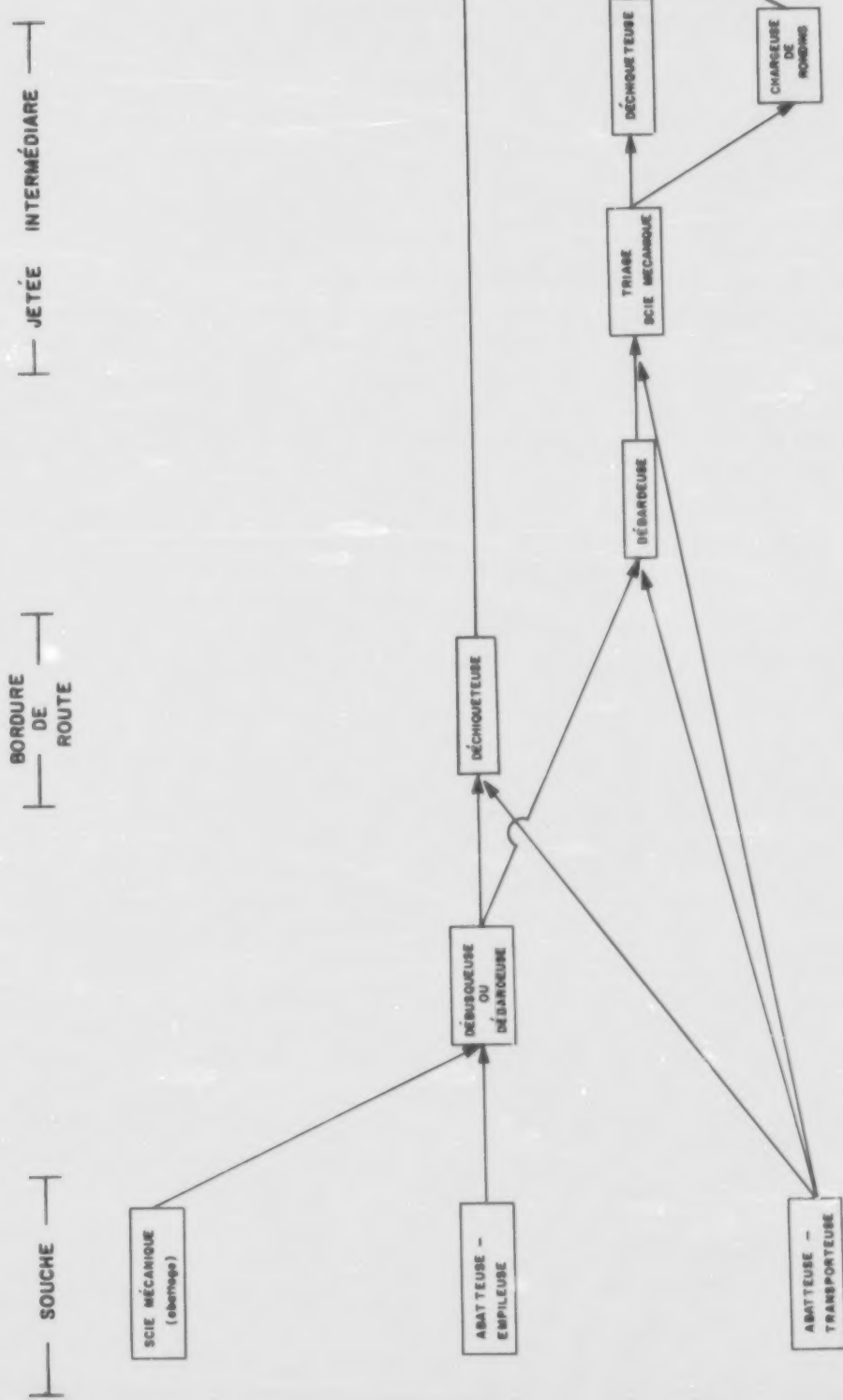


**FIG.8 PROCÉDÉS D'EXPLOITATION EN ARBRES ENTIERS AVEC
MISE EN COPEAUX EN FORÊT**

1) Procédés d'exploitation du type B (bois en rondins)

L'exécution à la souche de toutes les opérations d'abattage, ébranchage et écinage, jusqu'au tronçonnement en rondins de 4, 8, 12 ou 16 pieds et assemblage ou empilage caractérise ce type de procédés. Le sous-type B1 représente le procédé en vogue des années cinquante. Cependant, l'abattage directionnel à l'aide de scies mécaniques légères et le débardage en rondins de quatre ou huit pieds par l'emploi de gros tracteurs auto-chargeurs à châssis articulé, font que ce procédé, encore utilisé au Québec dans une proportion de 40% du volume total des bois à pâte, incluant l'exploitation dans les forêts privées, est beaucoup plus efficace que son ancêtre. Comme avantages, mentionnons qu'il exige moins de capitaux que tous les autres procédés et s'adapte bien aux petites propriétés. Toutefois, il possède l'inconvénient de demander plus de main-d'oeuvre, ce qui amène l'industrie à le délaisser rapidement en cette période de pénurie d'ouvriers.

Le sous-type B2 comporte deux systèmes différents. Le premier est formé d'un engin multi-fonctionnel capable d'abattre les arbres, de les ébrancher, de les tronçonner, de débarder les billes ainsi produites et de les décharger, soit en bordure de route de camionnage, soit directement sur des remorques de transport.

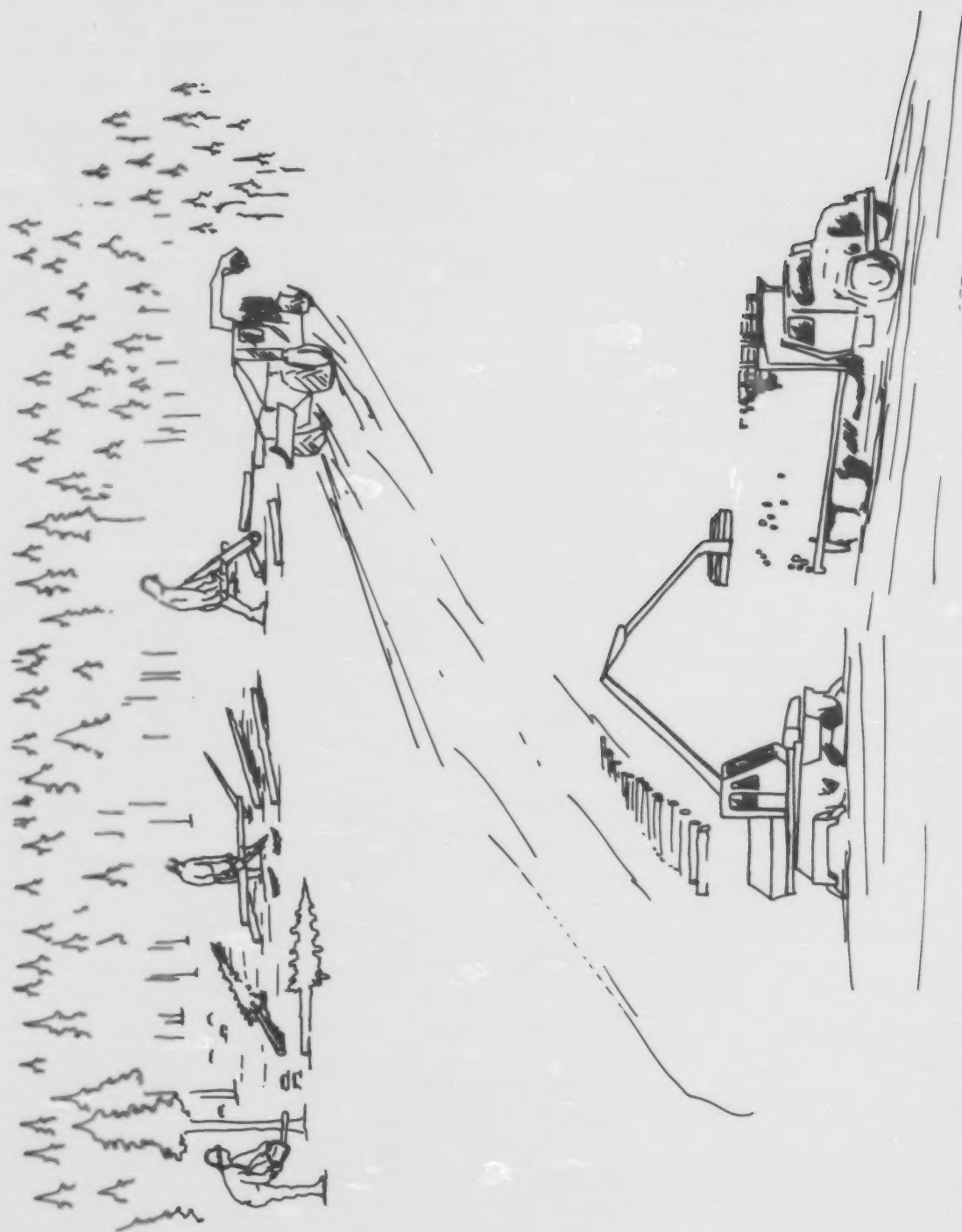


FIG. 9 PROCÉDÉ D'EXPLOITATION EN RONDINS - ABATTAGE MANUEL (B-1)

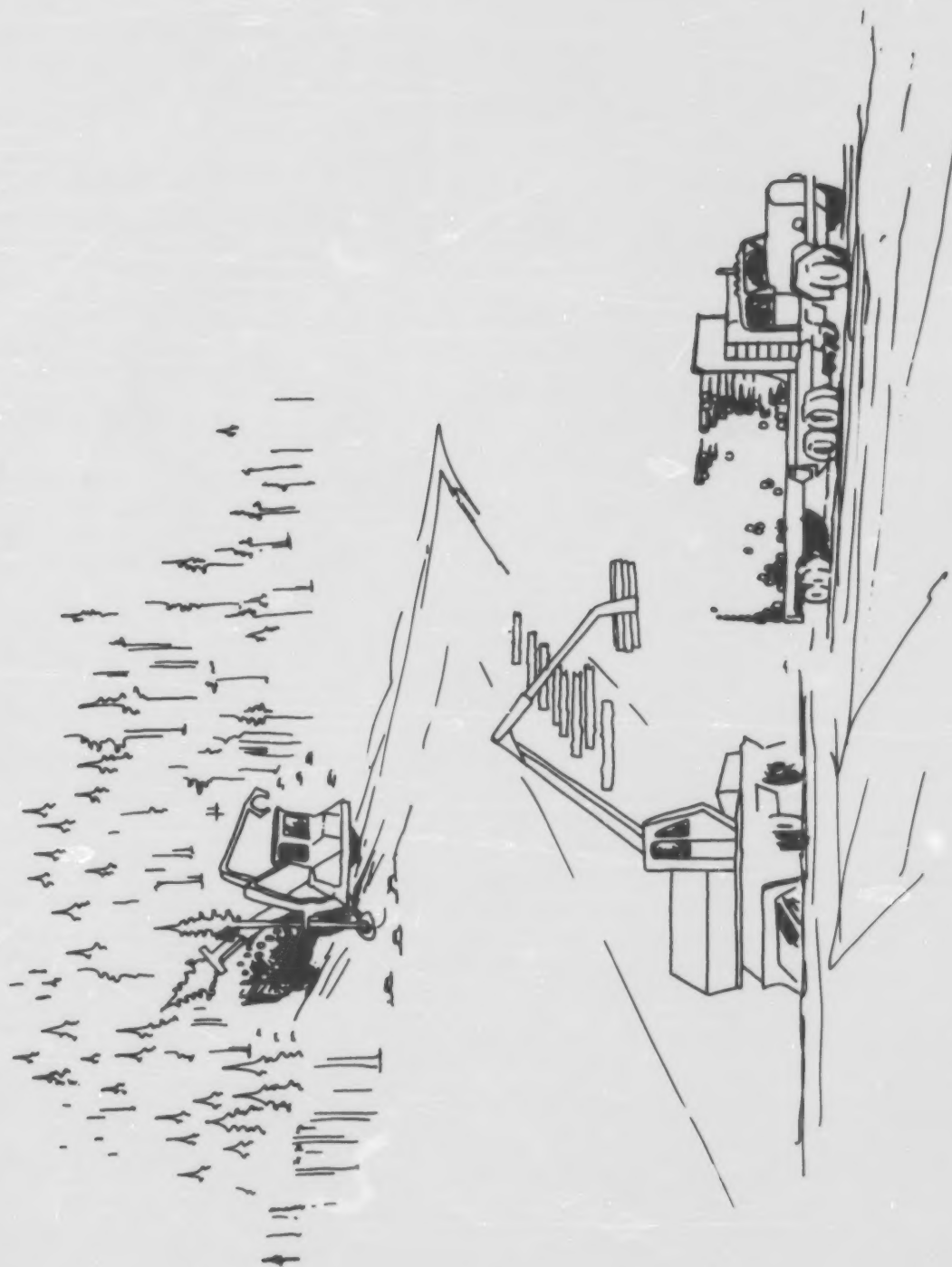


FIG. 10 PROCÉDÉ D'EXPLOITATION EN RONDINS - ABATTAGE MÉCANISÉ (B - 2)

Ce système offre comme principal avantage une grande simplicité d'exécution, toutes les opérations jusqu'à la route de camionnage n'étant effectuées que par un seul engin, grâce auquel l'ébranchage et le tronçonnement se font automatiquement. Il présente, comme inconvénient, la nécessité d'avoir à déplacer à chaque arbre un engin lourd et coûteux, ce qui, en terrain difficile ou en peuplement d'arbres à faible diamètre, peut diminuer considérablement l'efficacité du procédé.

Quant au deuxième système, il se compose de plusieurs engins gravitant autour d'une machine de conception suédoise, dont les fonctions sont l'ébranchage et le tronçonnage des arbres à la souche. La présence de plusieurs engins sur le parterre de coupe, contrairement au premier système ci-haut énuméré, en fait un "hot logging system" ¹, ce qui en constitue le principal inconvénient.

ii) Procédés d'exploitation du type A (arbres entiers)

Les procédés du type A sont à l'extrême opposé de ceux du type B; ils se caractérisent par l'exécution d'un minimum de tâches entre la souche et la route de camionnage.

(1) Procédé dans lequel les opérations ont un fort degré de dépendance.

En effet, il ne s'y exécute que deux tâches; l'abattage et le débardage.

Le sous-type A1 ne diffère du sous-type A2 que par l'abattage, qui se fait dans le premier cas manuellement, et dans le deuxième cas, à l'aide d'une abatteuse-empileuse ou d'une abatteuse-transporteuse. L'abattage manuel demeure toutefois le moyen le plus économique d'abattre les arbres; mais le fait que ces derniers ne soient pas groupés en faisceaux après l'abattage amène une forte augmentation du coût de débusquage, en raison de la dispersion des arbres et conséquemment du temps pris par la débusqueuse à se constituer une charge convenable. Il en découle que l'abatteuse mécanique, considérée dans son entité comme abatteuse-empileuse ou abatteuse-débardeuse, devient hautement compétitive.

Selon les exigences du mode de transport, les arbres, une fois rendus à la jetée, peuvent être ou bien transformés en rondins ou en troncs entiers, ou bien laissés intacts et transportés comme tels jusqu'à l'usine.

Les engins utilisés à la jetée se subdivisent en trois groupes; les ébrancheuses simples ou multiples, les ébrancheuses-tronçonneuses et les tronçonneuses.

Les procédés de type A offrent quatre avantages majeurs:

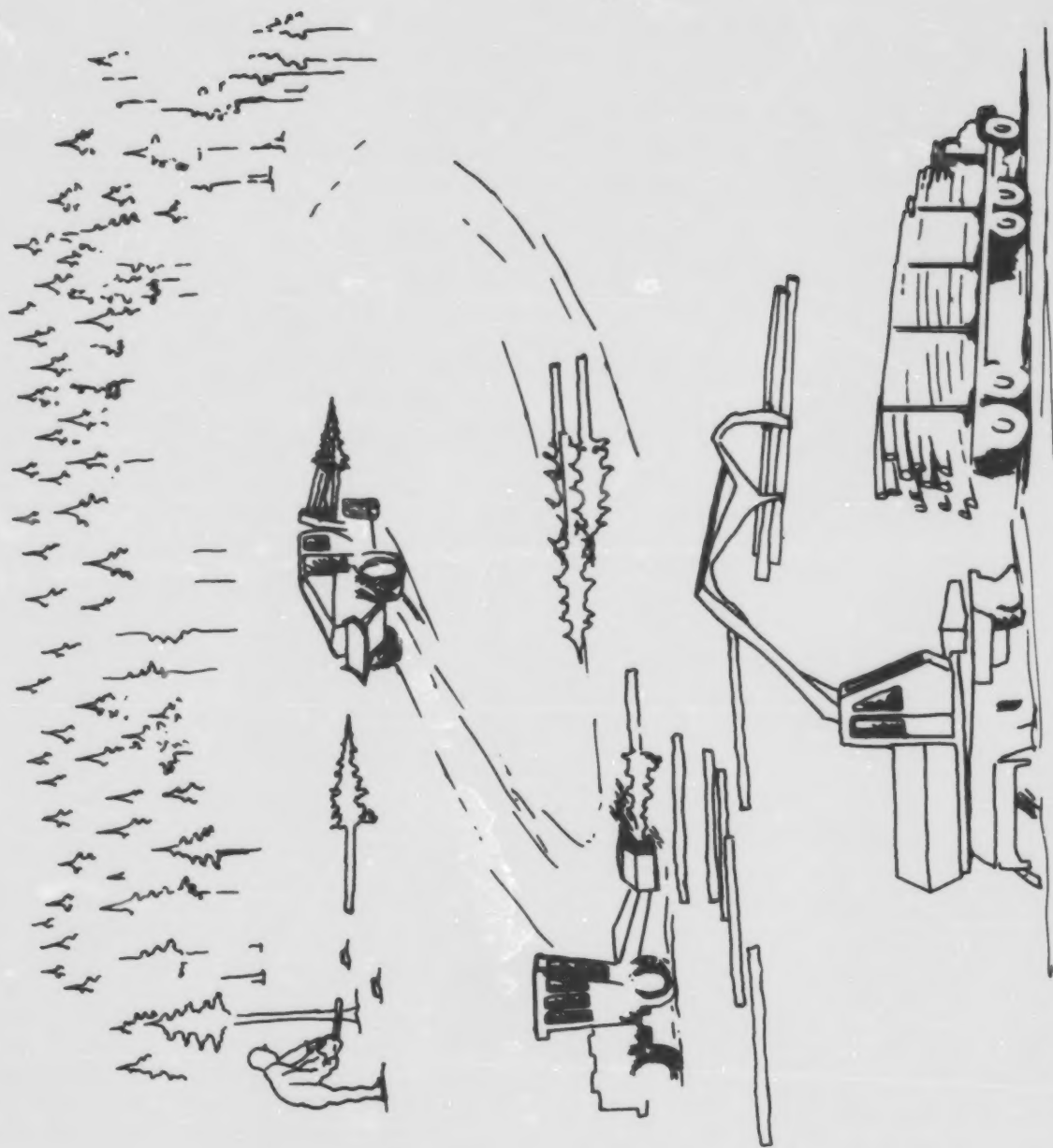


FIG. II PROCÉDÉ D'EXPLOITATION EN ARBRES ENTIERS - ABATTAGE MANUEL (A-I)

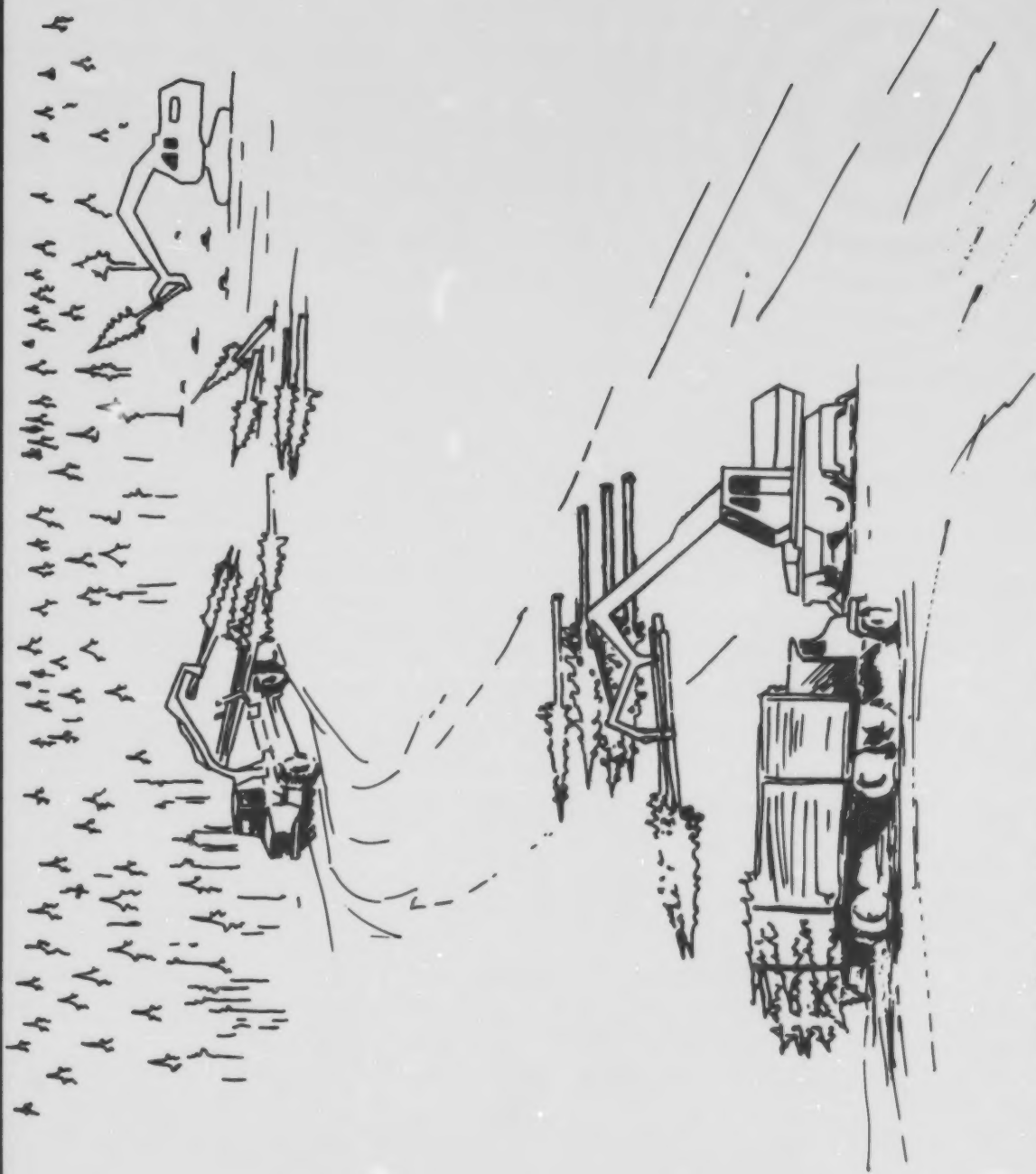


FIG. 12 - PROCÉDÉ D'EXPLOITATION EN ARBRES ENTIERS - ABATTAGE MÉCANISÉ(A-2)

- Emploi d'un engin de dimension moyenne entre la souche et la route de camionnage, ce qui lui accorde beaucoup de souplesse dans les terrains difficiles,
- concentration de plusieurs opérations en un endroit central, permettant ainsi la production de masse. Cet avantage prend de l'importance dans les peuplements d'arbres à faible diamètre moyen,
- disparition totale des déchets de coupe (branches et cimeaux), réduisant dès lors les dangers d'incendie forestier,
- possibilité de transporter les branches jusqu'à l'usine et de les utiliser comme source d'énergie.

Comme inconvénients on note:

- La possibilité d'une mauvaise régénération après coupe, les graines provenant souvent des déchets de coupe. Si ce danger s'avère réel, il faudrait alors songer à laisser des semenciers sur les parterres de coupe.
- La perte de certains éléments nutritifs, dont l'effet négatif sur la croissance des arbres peut se faire sentir dans les sites à fertilité marginale, tels les lithosols et les terrains mal drainés.

- La nécessité de supprimer les amoncellements de branches au centre de façonnage.

iii) Procédés d'exploitation du type T (troncs entiers)

Ces procédés se situent à mi-chemin entre ceux des types A et B. Ils se caractérisent par l'exécution de deux tâches à la souche soit, l'abattage et l'ébranchage. Le débusquage se fait alors en troncs entiers.

Le sous-type T1 n'est pas complètement mécanisé et se compose de deux principaux systèmes. Le premier est celui où l'abattage et l'ébranchage se font à la scie motorisée; il est le plus populaire actuellement au Québec, puisqu'il représente dans l'industrie des pâtes et papiers plus de 60% du volume total récolté, ce pourcentage étant peut-être plus élevé dans l'industrie des bois d'oeuvre. Remarquons qu'il se prête particulièrement bien à cette dernière industrie puisqu'il permet le transport de troncs entiers à l'usine même, condition importante pour optimiser l'utilisation des arbres récoltés et le débitage des bois en billes de sciage. Le deuxième système comporte la mécanisation de la phase d'ébranchage.

La mécanisation intégrale de ce procédé n'exige que la présence d'une abatteuse-ébrancheuse car, depuis

l'avènement des tronçonneuses mécaniques vers 1965, toutes les autres phases de l'opération se trouvent mécanisées. L'abatteuse-ébrancheuse, que comprend le sous-type T2 a pour fonction d'abattre les arbres, de les ébrancher, de les écimer, et de grouper en faisceaux les troncs entiers qu'elle a produits. Plusieurs manufacturiers ont conçu de tels engins qui ont déjà atteint un niveau opérationnel; leurs principales caractéristiques sont présentées en annexe.

Une variante de ce sous-type T2 est un système où l'abattage et l'ébranchage sont des phases exécutées par deux engins différents, un qui abat et empile ou assemble et l'autre qui ébranche à la souche.

Les troncs entiers assemblés ou non seront alors transportés au centre de façonnage final par des débusqueuses à pinces, à câbles ou de type "Skyline" ¹. Plus le coût de construction des routes est élevé, plus forte devra être la capacité de charge de ces engins, leur permettant de parcourir des distances de débusquage plus grandes.

Les procédés de type T peuvent, à la jetée intermédiaire, se subdiviser en deux branches, selon le produit que l'on désire livrer à l'usine. Si ce produit prend

(1) Mât d'arrimage



FIG. 13 PROCÉDÉ D'EXPLOITATION EN TRONCS ENTIERS - ABATTAGE MANUEL (T-1)

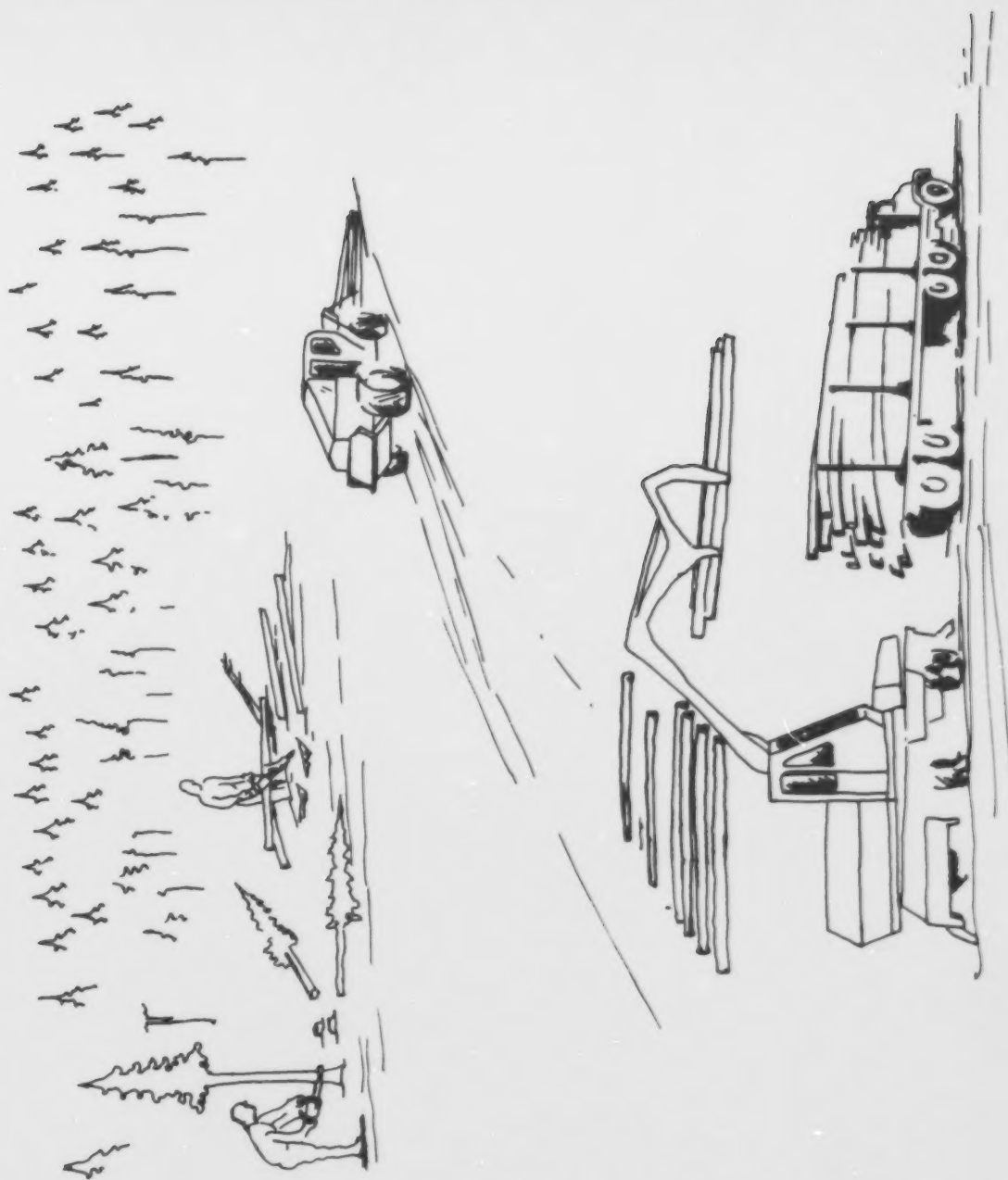


FIG. 14 - PROCÉDÉ D'EXPLOITATION EN TRONCS ENTIERS - ABATTAGE MANUEL (T-1)

la forme de troncs entiers, il n'y a plus de transformation à faire et les troncs seront transportés tels quels. Si ce produit consiste en billes de 4, 8 ou 16 pieds, il suffit d'introduire l'une des nombreuses tronçonneuses mécaniques déjà offertes par les manufacturiers d'équipement.

Les principaux avantages du procédé d'exploitation en troncs entiers sont les suivants:

- Grande souplesse dans le choix du produit final.
- Forte productivité des diverses composantes du procédé.
- Aucun problème d'amoncellement de branches en un endroit central.
- Aucun risque de dégradation de la fertilité des sites.
- Possibilité de diminuer la densité du réseau routier en terrains difficiles.

Il présente, par rapport au procédé d'arbres entiers, l'inconvénient de faire appel à l'emploi d'un engin assez lourd à la souche. Il est, comme le procédé d'arbres entiers, et contrairement à celui du bois en rondins, un "Hot logging system", les opérations d'abattage et de débousquage étant, en hiver, fortement liées.

iv) Procédés d'exploitation du type C (copeaux)

Ces procédés pourraient n'être qu'une variante

des procédés d'exploitation en arbres entiers où la transformation de l'arbre à la jetée consisterait alors tout simplement dans sa mise en copeaux. Mais l'importance que ces procédés devraient acquérir dans les prochaines années et les changements drastiques qu'ils apporteraient alors, autant en exploitation que dans les modes classiques d'aménagement des forêts expliquent qu'on veuille les envisager séparément. Ces procédés sont simples et n'exigent qu'un petit nombre d'engins.

Le sous-type C1 est celui où l'abattage s'effectue à la scie motorisée. L'arbre est ensuite débusqué ou débardé vers la jetée et réduit en copeaux par une déchiqueteuse "Chipharvester", ces derniers étant transportés comme tels à l'usine. Le sous-type C2 ne se différencie du premier que par la mécanisation de la phase d'abattage.

Ces procédés sont actuellement à l'essai et il est trop tôt pour prévoir tous les avantages et inconvénients que leur utilisation entraîne. Une chose est certaine: le produit livré diffère des produits classiques et l'usine de transformation devra adapter sa technologie en conséquence.

1.2.1.2 Description des méthodes de chargement

On a vu à la rubrique 1.1.1 que le chargement des ron-



FIG.15 - PROCÉDÉ D'EXPLOITATION EN ARBRES ENTIERS SUIVIS
D'UNE MISE EN COPEAUX (C-2)

dins et des troncs entiers avait connu une évolution technologique rapide au cours des années 1960-1975. Les manufacturiers d'équipement offrent aujourd'hui une vaste gamme de chargeuses, conçues en vue de faire face à des conditions d'opération diverses et en fonction de la nature des produits à manipuler. A toutes fins pratiques, cette phase de l'exploitation peut être considérée comme stabilisée et sa mécanisation est totale. On peut grouper les chargeuses en deux catégories:

- les chargeuses à fourche hydraulique
- les chargeuses à flèche hydraulique

i) Les chargeuses à fourche hydraulique

Ces dernières conviennent particulièrement bien aux terrains faciles d'exploitation (terrain plat et solide, centre de chargement vaste et bien préparé). Elles s'utilisent aussi bien pour le chargement des billes que pour celui des troncs entiers. Leur capacité de production et leur prix de vente sont extrêmement variables car il existe un grand nombre de modèles.

ii) Les chargeuses à flèche hydraulique

Ces chargeuses sont utilisées surtout en terrain montagneux et peuvent servir au chargement aussi bien des

billes que des arbres ou troncs entiers. Elles sont munies d'une flèche articulée au bout de laquelle se trouve un grappin. Cet engin présente beaucoup de souplesse car, en plus d'avoir une flèche articulée et une cabine pivotante, il possède un grappin à mouvement rotatif, ce qui assure un chargement précis des bois.

La chargeuse hydraulique trouve de nombreuses applications dans la manutention du bois. On la retrouve installée sur les débusqueuses, les débardeuses, les tronçonneuses et les camions. De plus, le principe de la flèche hydraulique a été retenu dans la plupart des engins de récolte (abatteuse, abatteuse-ébrancheuse, moissonneuse, etc...), si bien qu'elle représente l'une des inventions les plus importantes appliquées à l'exploitation forestière. Les modèles de ce type de chargeuses sont fort nombreux, de même que les prix de vente et les capacités de production. (La première flèche hydraulique a été utilisée en excavation).

1.2.1.3 Description des méthodes de transport

Les considérations suivantes porteront exclusivement sur le transport des bois par camion. Cette méthode est celle qui a connu l'évolution technologique la plus rapide au cours des dernières années. D'un camion standard à faible capacité de charge,

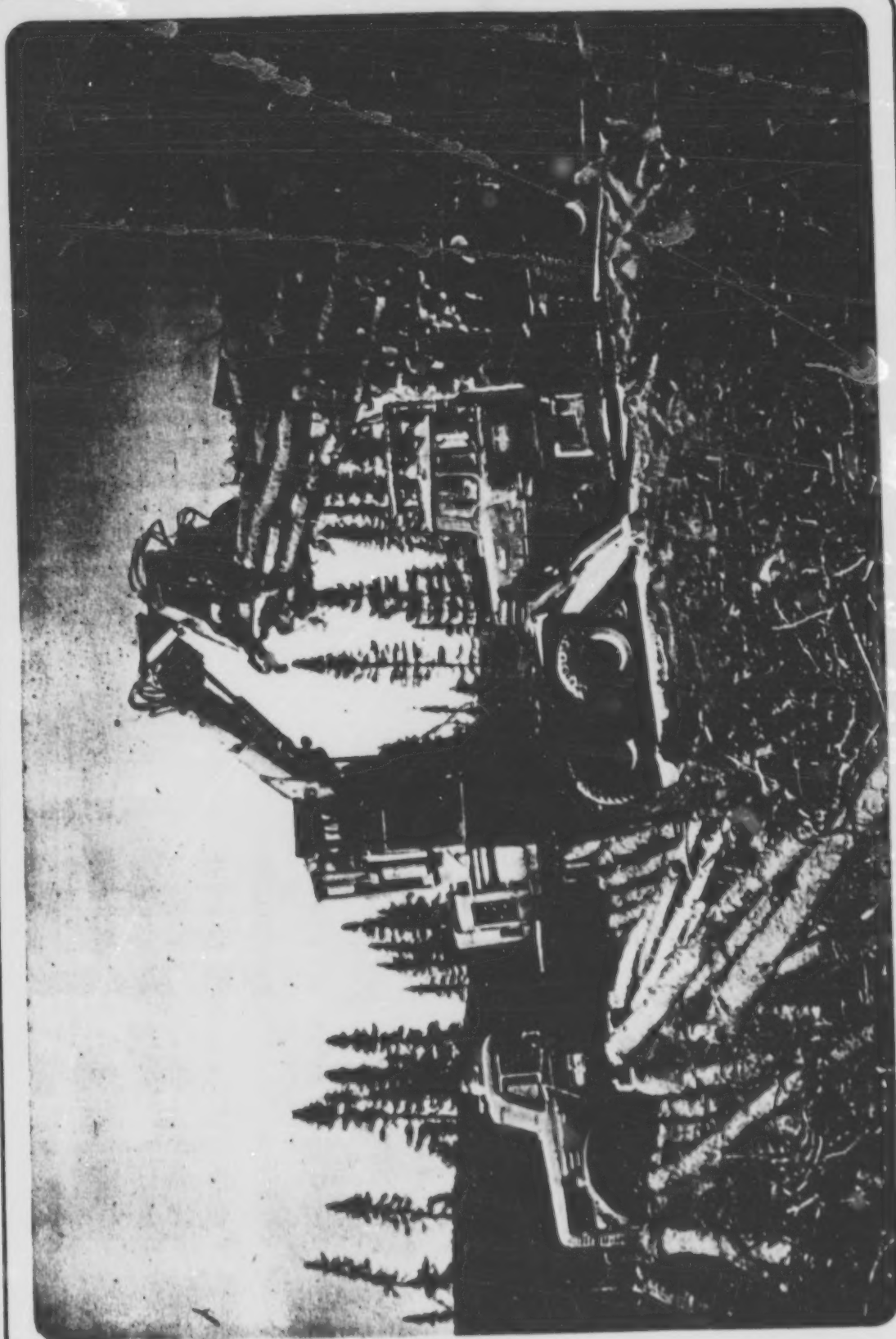


FIG. 16. - Chargeuse de troncs entiers à flèche hydraulique.

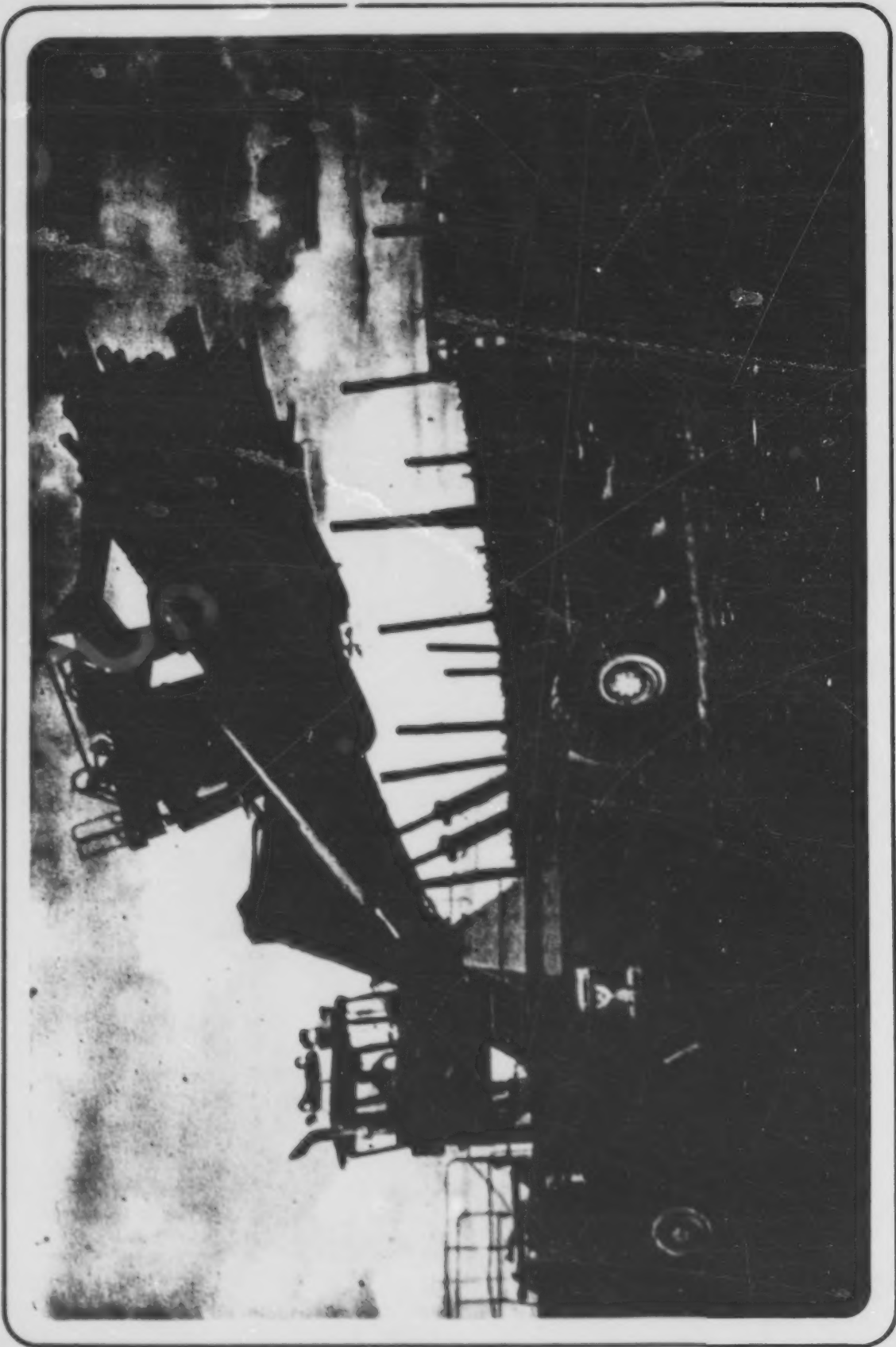


FIG. 17. - Chargeuse de troncs entiers à fourche hydraulique.

on est vite passé à des trains routiers pouvant transporter quelque 45 cunits. Il existe une multitude de types de camions et il est hors de propos de les analyser en détail. Le choix d'un camion devant oeuvrer dans un contexte particulier dépend de nombreux facteurs tels que: distance de camionnage, produits à transporter, qualité du réseau routier, contraintes légales, etc... On ne peut ici fournir que quelques indications générales quant aux conditions qui justifient l'emploi d'un type de camion donné.

Il convient en premier lieu de résumer les règlements de transport sur voie publique:

Longueur maximale:	65 pieds
Largeur maximale:	8.5 pieds
Hauteur maximale:	13.5 pieds
Poids maximal:	125,000 livres

Comme ces règlements ne s'appliquent pas sur les voies privées, il s'ensuit que le coût du transport sur ces dernières voies est inférieur à celui sur routes publiques. La différence de coût est particulièrement importante dans le cas du transport des troncs entiers, où la largeur et la hauteur de la charge sont des facteurs critiques. Ainsi, sur voies privées, on permettra l'emploi de remorques d'une largeur de 12 pieds et d'une hauteur de 18 pieds, alors que sur voies publiques, la largeur permise

est de 8.5 pieds et la hauteur de 13.5 pieds. Dans le premier cas, la charge est de 16 cunits, comparativement à 9.5 cunits dans le deuxième cas. La différence qui en découle est d'environ \$0.076/cunit-mille, soit une augmentation de coût de \$3.80/cunit pour une distance de camionnage de 50 milles et de \$7.60/cunit pour une distance de 100 milles. On rencontre principalement les types de camions suivants:

- le camion à remorque
- le camion semi-remorque
- le camion semi-remorque escamotable (piggyback)
- le train routier comprenant 1 tracteur et 2 semi-remorques ou plus
- 1 camion avec 2 remorques.

Dans ce groupe, le camion semi-remorque (poids maximal de 94,000 livres) est le plus fréquemment utilisé. Toute la réglementation concernant l'utilisation des camions sur les routes publiques du Québec et issue du Ministère des Transports est confinée dans un document intitulé: "Règlementation relative à la pesanteur et aux dimensions des véhicules automobiles sur les routes du Québec".

1.2.2 Conséquences des innovations produites

La présente décennie dont l'état de la mécanisation a été

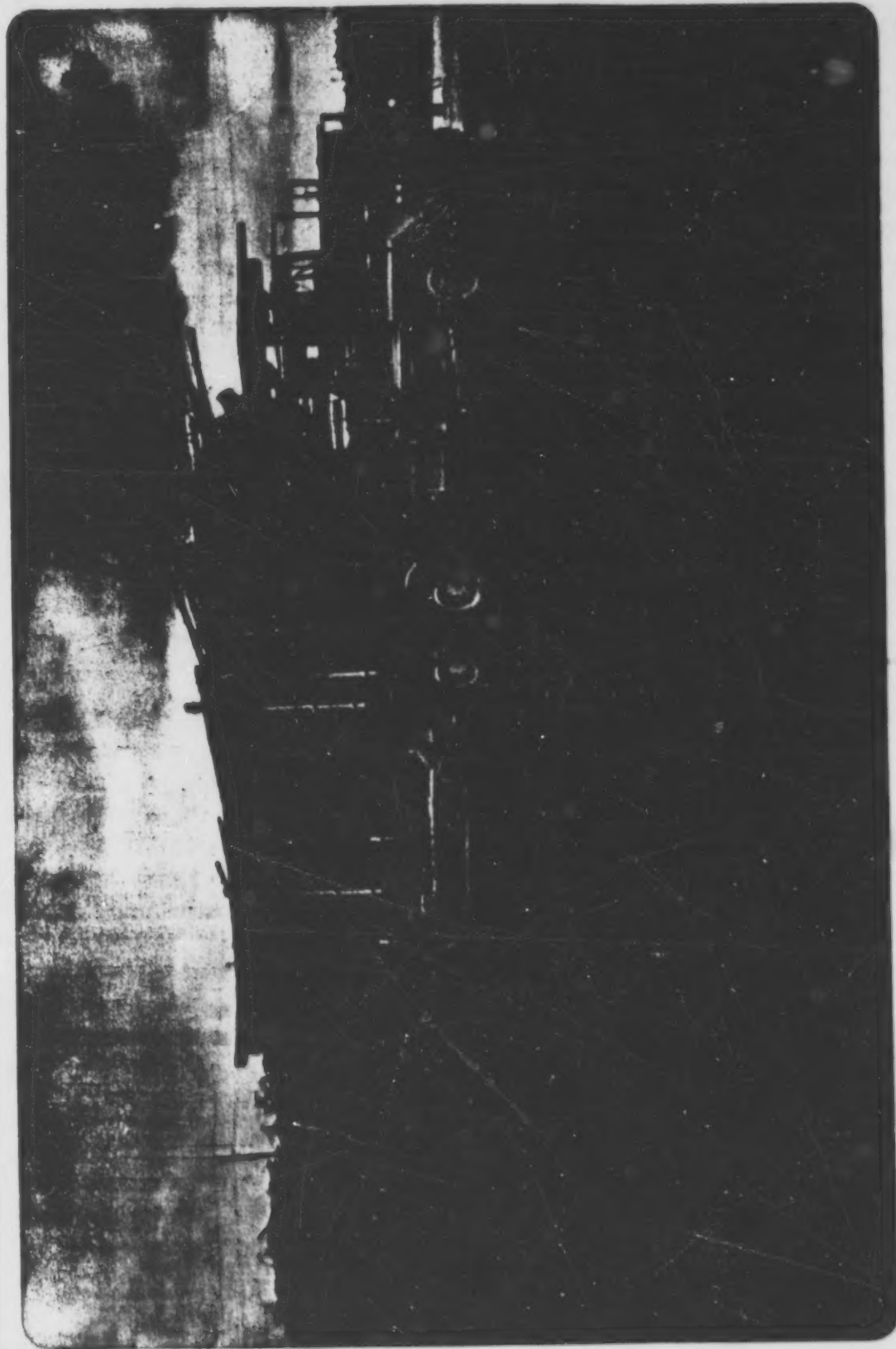


FIG. 18. - Transport de troncs entiers.

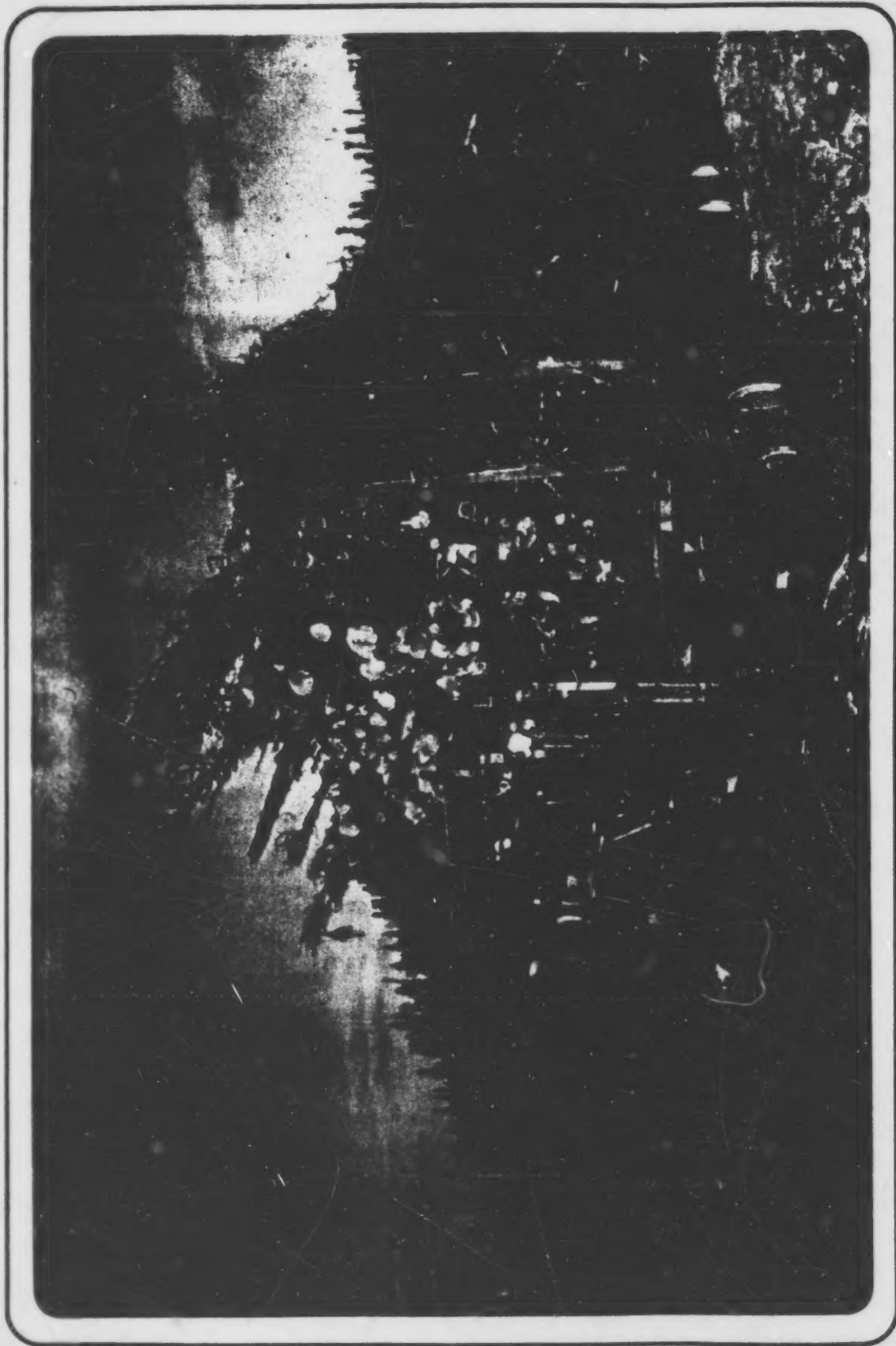


FIG. 18A - Transport d'arbres entiers.

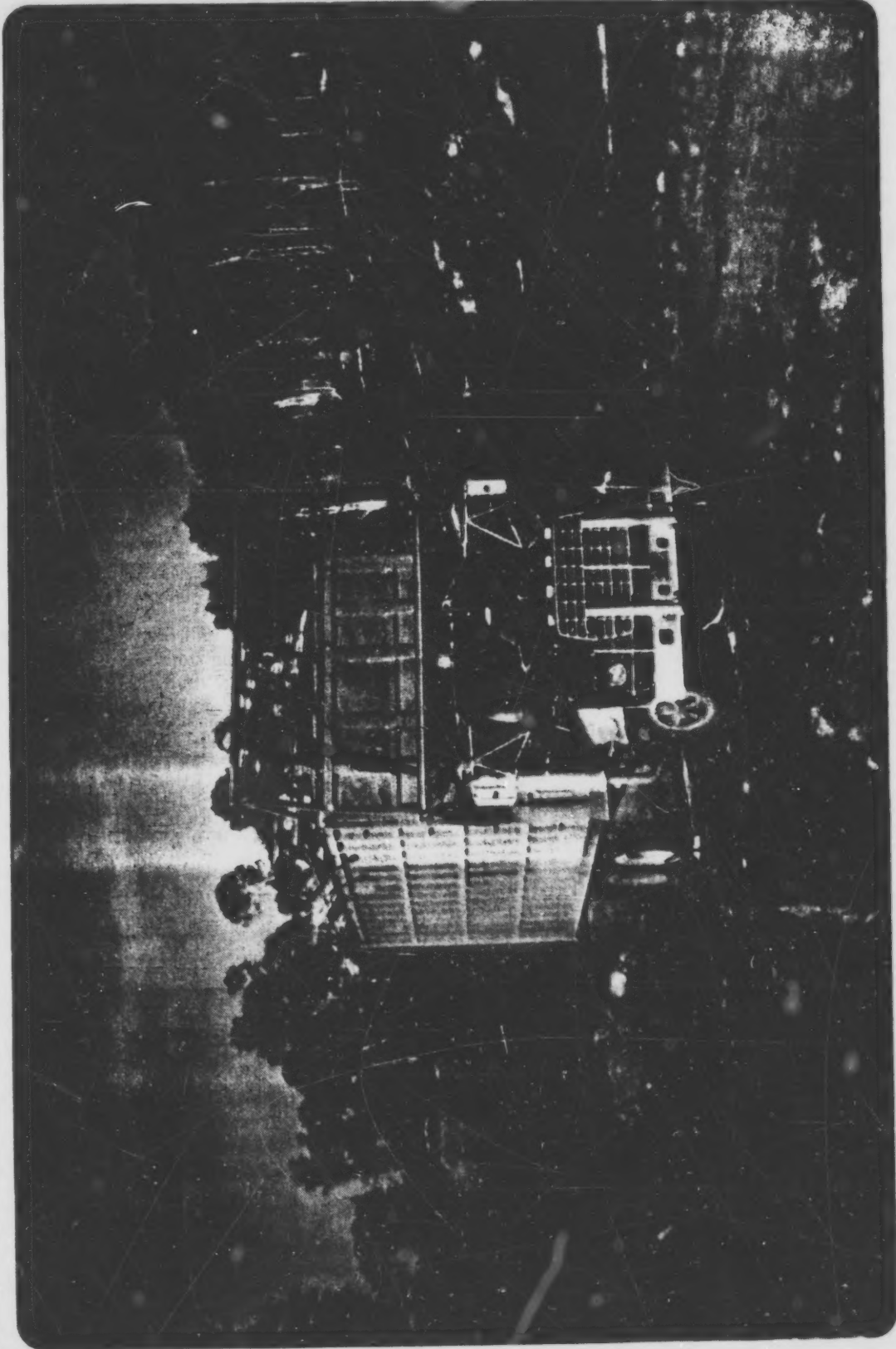


FIG. 18B - Transport en vrac.

présenté ci-dessus amènera une augmentation de la productivité en même temps qu'une augmentation du coût du bois. Quantifier ces changements demeure une démarche relativement subjective; malgré cette difficulté, les deux figures suivantes permettent d'en dégager les tendances escomptées. Les quelques remarques ou constatations suivantes découlent de l'observation de ces figures;

- l'augmentation de la productivité est surtout sensible pour la période 1960-1975; à partir de 1975, à moins d'une percée majeure des procédés mécanisés, la courbe devient presque asymptotique et l'augmentation nulle.
- les coûts du bois augmentent de façon drastique pour finalement atteindre vers 1985, 2.75 fois ce qu'ils étaient en 1965; cette augmentation correspond à un pourcentage de hausse annuelle se situant à 3% avant 1970 et à plus de 10% après.
- la prévision des coûts du bois est basée sur l'hypothèse d'une distance de transport finale de quelque 50 milles. Toute modification de cette distance affecterait normalement les prévisions apparaissant à la figure 20.
- le rythme d'augmentation du coût du bois est fonction de la percée des procédés d'exploitation mécanisés.

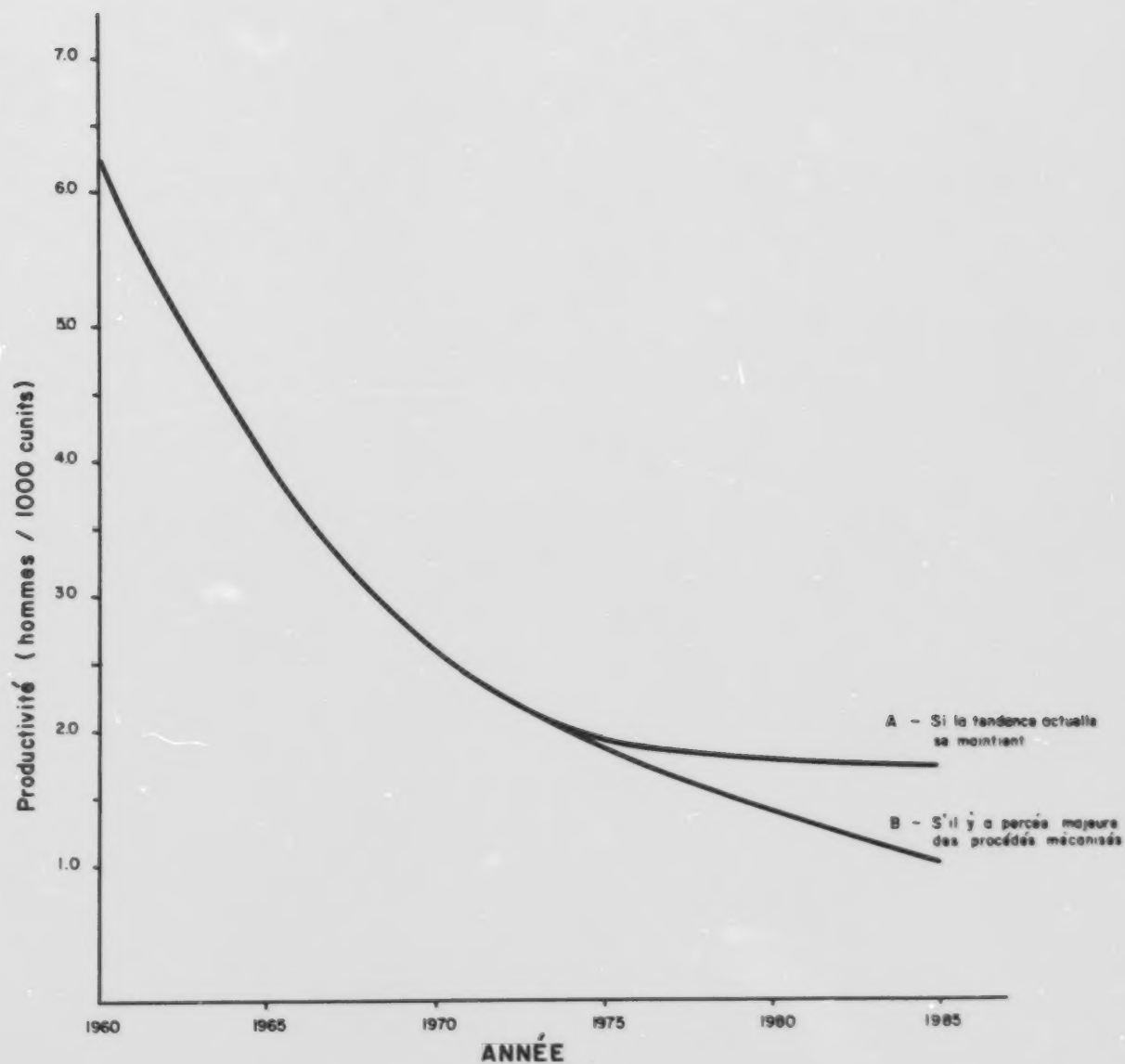


FIG.19 PRÉVISIONS DE LA PRODUCTIVITÉ EN EXPLOITATION FORESTIÈRE AU QUÉBEC (jusqu'à 1985)

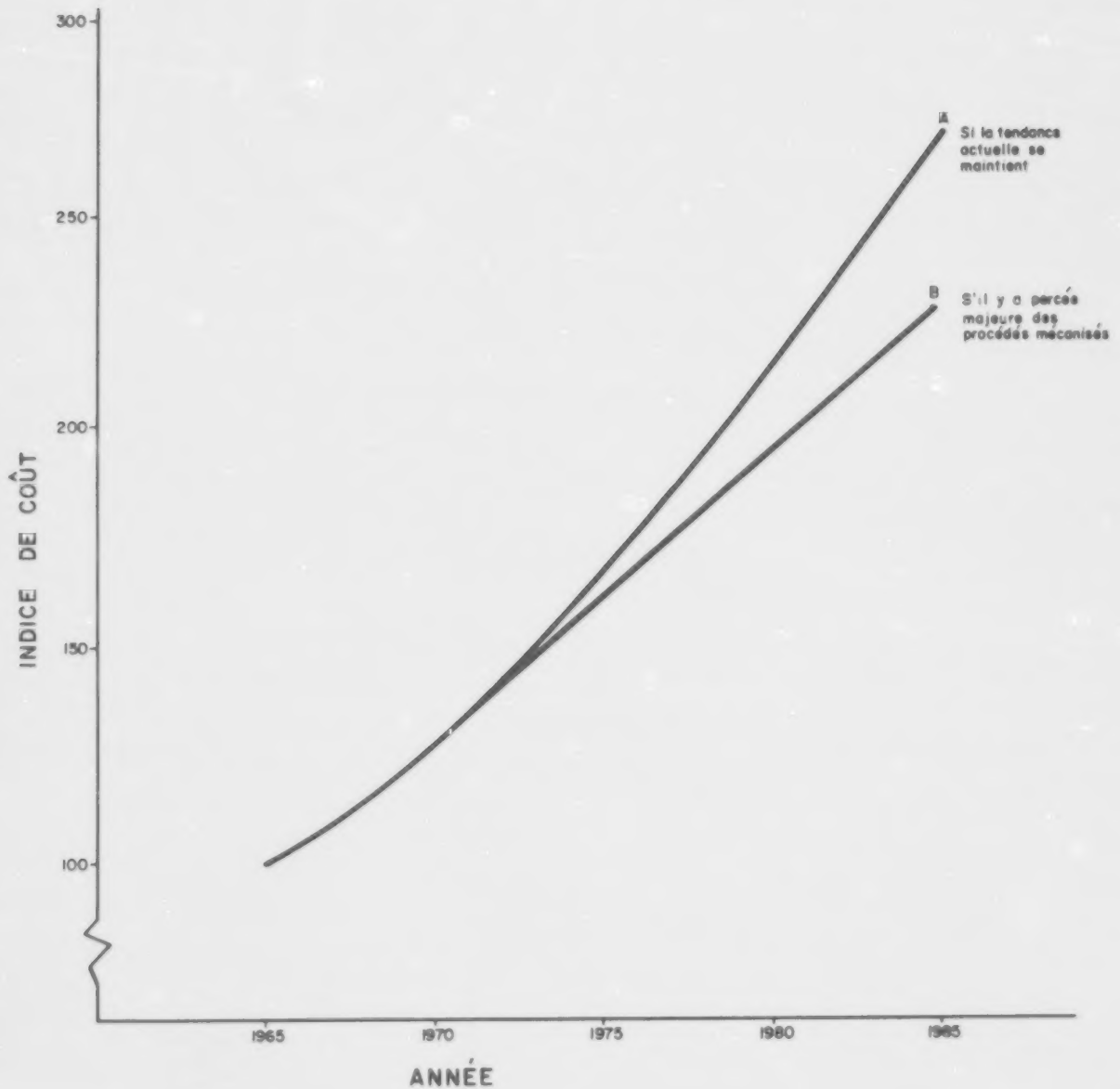


FIG.20 PRÉVISIONS D'AUGMENTATION DES COÛTS DU BOIS AU QUÉBEC (jusqu'à 1985)

1.3 L'évolution technologique après 1985

1.3.1 Introduction

Prévoir l'orientation que prendra l'évolution technologique après 1985 est une démarche relativement aléatoire soumise à une marge d'erreur dont l'importance est difficilement prévisible. La rapidité de l'évolution connue jusqu'à aujourd'hui n'est pas chose à assurer l'exactitude des prévisions. La mécanisation actuelle quoique d'apparence révolutionnaire ne correspond pas à une transformation profonde des procédés de récolte de la matière ligneuse; elle ne fait qu'accélérer la vitesse d'exécution des tâches autrefois effectuées de façon plus artisanale.

Pour que les industries qui s'alimentent en matière ligneuse conservent un rôle socio-économique de premier plan, les personnes impliquées dans la transformation devront collaborer très étroitement avec les spécialistes de la récolte. Il importe que la technologie future (aussi bien de la transformation que de l'exploitation) permette une utilisation plus complète de la ressource; à cet égard, pour que les activités de récolte puissent connaître une évolution future importante, il faudra que les processus de la transformation acceptent cette évolution et s'y adaptent.

Indépendamment des difficultés liées à la présente étude prévisionnelle, les remarques suivantes ne sont quand même pas uni-

quement le fruit d'une imagination trop débordante; l'observation de l'état actuel de la mécanisation, l'analyse des tendances senties dans les milieux concernés ainsi que les conclusions partielles découlant des recherches entreprises constituent autant d'éléments de crédibilité à la description de l'évolution technologique prévue.

1.3.2 Les pré-requis de l'évolution technologique

L'évolution technologique prévisible après 1985 dépend de la réalisation d'un certain nombre d'hypothèses de base. Advenant que ces dernières ne se concrétisent pas, l'orientation assumée pour la mécanisation forestière pourrait être fausse. Ces hypothèses ou pré-requis se situent quelque peu au niveau de l'exploitation mais surtout au niveau de la transformation. Tout changement radical des procédés actuels de récolte aboutira presque à coup sûr à la livraison d'un produit différent à l'usine de transformation; pour que ce produit soit alors acceptable, les technologistes devront disposer de processus d'utilisation différents. Ce besoin d'adaptation, condition importante de la justesse des considérations qui suivent, amènera une plus grande rentabilité aux industries s'alimentant en matière ligneuse.

1) Utilisation plus complète de l'arbre

Depuis une dizaine d'années, on poursuit à l'Université du Maine des recherches sur le degré d'utilisation des fibres de bois se trouvant dans un arbre. Les principales conclusions sont

les suivantes:

- La partie dite "marchande" de l'arbre n'est constituée que d'environ 65% du volume total des fibres qui s'y trouvent.
- La pâte à papier faite avec des fibres de la partie "non marchande" présente les mêmes propriétés physiques que celle des fibres provenant de sa partie marchande, exception faite des fibres des branches qui donnent une pâte de qualité légèrement inférieure.

Il est sans doute utopique d'imaginer l'utilisation complète des fibres d'un arbre mais toute modification radicale des procédés de récolte devra quand même s'appuyer sur l'hypothèse d'un plus fort pourcentage d'utilisation de ces dernières. C'est donc dire qu'on utilisera de plus en plus les fibres du houppier et des branches.

11) Utilisation de toutes les essences

Les recherches entreprises à l'Université du Maine ont aussi porté sur les possibilités d'utiliser les fibres des essences habituellement classifiées "non commerciales". La pâte faite à partir de ces essences a été soumise à certains tests technologiques conçus pour établir ses principales caractéristiques. Quoique de qualité inférieure à celle provenant des essen-

ces dites commerciales, cette pâte peut très bien servir à la fabrication de certains papiers et cartons d'usage courant. Apparaît ici clairement l'importance de l'adaptation technologique mentionnée précédemment. L'industrie devra graduellement modifier ses procédés de fabrication de façon à accepter comme matière première les fibres d'essences souvent laissées sur le parterre de coupe.

iii) Séparation des fibres de bois de l'écorce

L'utilisation de toutes les essences rencontrées sur un parterre de coupe combinée à la récolte pour chaque arbre, et du houppier et des branches, ne seront possibles que si les arbres sont transformés en copeaux. Il devient alors nécessaire de séparer les fibres de bois de l'écorce ainsi que des autres éléments indésirables (feuilles, brindilles, etc...). Un procédé mis au point par l'Institut Canadien de Recherches des Pâtes et Papiers (ICRPP) conjointement avec l'Institut Canadien de Recherches en Génie Forestier (FERIC) permet une telle séparation. Ce procédé est actuellement au stage de l'expérimentation dans une usine de la province; il pourrait fort bien devenir opérationnel dans peu de temps et alors amener une transformation radicale des processus standards de récolte de la fibre.

iv) Humanisation du milieu de travail

La réalisation des hypothèses de base mentionnées jusqu'ici repose sur un pré-requis complémentaire qui "chapeaute" d'une certaine façon l'évolution prévisible après 1985. L'homme est l'élément clef de cette évolution; il en est le maillon le plus important. Le milieu de travail et les conditions de vie devront être tels qu'il trouve justification et satisfactions à y oeuvrer. La conception de nouveaux engins d'exploitation devra s'appuyer sur les principes ergonomiques connus. L'ouvrier forestier de demain recherchera une occupation stable, rémunératrice, motivante et humainement attrayante; l'évolution technologique devra tenir compte de ces exigences.

1.3.3 Les procédés d'exploitation

Fonction des pré-requis expliqués ci-dessus, les procédés d'exploitation d'après 1985 prendront l'une ou l'autre des formes suivantes:

- Sur les terrains privés ou les petits chantiers d'exploitation on continuera à produire des rondins vendus en bordure des routes: les procédés d'alors ne varieront pas beaucoup par rapport à ceux actuellement utilisés.
- Dans les exploitations de sciage non intégrées on utilisera les procédés en billes ou en troncs entiers.
- Dans les exploitations de bois à pâte non intégrées les arbres

seront transportés en entier à l'usine où ils seront réduits en copeaux; les déchets de cette opération serviront de source d'énergie. Dans ce même type d'exploitation, il est plausible que les arbres soient mis en copeaux à la souche même, en bordure ou à une jetée intermédiaire et transportés comme tels à l'usine où ils seront tamisés. Les engins servant à la mise en copeaux joueront ici un rôle de plus en plus important. Quant aux autres chaînons du processus de récolte, ils seront pour la plupart formés de machines dont la conception actuelle est connue.

- Dans les exploitations intégrées de bois à pâte et de sciage, on transportera les arbres en entier à l'usine; suivra l'opération de triage où on essaiera de réserver pour le sciage les parties de tiges qui s'y prêtent le mieux. Les portions non utilisées ou les arbres non réservés seront par la suite réduits en copeaux et tamisés. Le machinisme impliqué dans une telle opération intégrée s'inspirera de celui actuellement connu.
- Dans les jeunes forêts, on pourrait voir l'apparition de moissonneuses réduisant les arbres (15-25 ans) en copeaux sur leur passage; le tamisage s'effectuerait à une jetée intermédiaire ou à la cour de l'usine. Un tel procédé raccourcirait les âges de révolution de façon considérable et augmenterait la productivité de plusieurs superficies forestières.

1.3.4 Les moyens de transport

Le transport des fibres de bois ne connaîtra pas de modifications drastiques. Le train-routier à plusieurs remorques, transportant de fortes charges, sera de plus en plus populaire. Certaines cours de concentration et de triage feront leur apparition en même temps qu'augmentera l'utilisation des chemins de fer. Lorsque nécessaire, l'industrie délaissera le réseau routier public et utilisera un réseau routier parallèle, de façon à éviter certaines restrictions légales. Le flottage disparaîtra presque complètement et on observera une augmentation du transport des copeaux sur voies publiques.

Le transport en conduite hydraulique (pipelines) des copeaux, déjà étudié par l'Institut Canadien de Recherches des Pâtes et Papiers représente en soi une révolution dans le transport des fibres; toutefois, il est aujourd'hui difficile de se prononcer sur l'utilisation ou le rejet d'un tel système, tant les inconnues du problème sont nombreuses. Quant aux véhicules à coussin pneumatique (actuellement analysés par le Conseil National des Recherches du Canada), l'augmentation actuelle du coût de l'énergie rend leur utilisation future incertaine pour ne pas dire douteuse.

CHAPITRE 2. ETUDE DU MATERIEL D'EXPLOITATION

Ainsi qu'on l'a mentionné au chapitre précédent, l'industrie forestière a connu de grands développements dans les domaines de la mécanisation forestière au cours des dernières décennies. En effet, on a disséqué et analysé les systèmes traditionnels d'exploitation pour en arriver à une évaluation quantitative de cette phase fondamentale; les forêts ont été classifiées en termes de quantité, qualité et exploitabilité; on a partiellement abandonné les méthodes artisanales et l'outillage léger destinés à d'autres usages qu'à l'exploitation forestière; on a reconnu la nécessité de définir clairement la notion de procédé d'exploitation (chacun des procédés étant un optimum pour un ensemble donné de conditions) et on a finalement construit des engins en fonction des procédés retenus.

A partir des procédés de base, les opérations ébranchage, étêtage et tronçonnage peuvent être faites à différents emplacements, ainsi que par différentes machines, entre la souche et le transport final. Le chapitre suivant offre une description des principales machines utilisées au Québec.

2.1 Classification retenue pour l'étude du matériel

La nécessité d'améliorer le rendement des diverses phases de l'exploitation a conduit à rechercher des engins de plus en plus automatisés, capables d'exécuter sans interruption plusieurs opérations successives en tout ou en partie, à la souche, en bordure de route ou à une jetée intermédiaire.

Les différentes combinaisons d'opérations nous amènent à distinguer plusieurs catégories de machines auxquelles par la suite on peut identifier différents manufacturiers¹. On a volontairement omis de cette étude certaines pièces d'équipements soit parce que leur construction a été suspendue (e.g. Log All, Bush Combine, Caterpillar 950, Timberjack TLH, Larson SWH, etc.) ou parce que leur potentiel d'utilisation dans les forêts québécoises est restreint. On a cependant conservé des engins à fort potentiel qui ne sont plus manufacturés (e.g. Beloit, Koehring Forwarder).

2.1.1 Le matériel de récolte

Il est constitué d'un ensemble d'engins qui réalisent l'abatage et/ou une ou plusieurs des autres opérations (ébranchage, étêtage, tronçonnage); ces engins peuvent être classifiés de la façon suivante:

2.1.1.1 Les abatteuses

Elles laissent les arbres entiers dispersés sur le parterre de coupe:

- Scie mécanique

2.1.1.2 Les abatteuses-empileuses

Ces machines assemblent les arbres entiers en un endroit précis:

(1) La liste de ces derniers n'est pas exhaustive et n'est donc donnée qu'à titre indicatif.

- Drott 40LC
- BJ-20 (Forano)
- ÖSA 670
- Volvo 995

2.1.1.3 Les abatteuses - ébrancheuses - étêteuses - empileuses

Elles déposent les troncs entiers en un endroit précis:

- | | |
|----------------------|----------------|
| - Beloit H-14 | - Clark |
| - Poclain - Timmins | - Koehring KH5 |
| - RW-30 (Timberjack) | |
| - Tanguay | |
| - John Deere X-12 TL | |
| - Forano BJ-40 | |

2.1.1.4 Les abatteuses - ébrancheuses - tronçonneuses - étêteuses

Ces engins déposent les billes çà et là sur le parterre de coupe:

- Poclain - Timmins

2.1.1.5 Les abatteuses - ébrancheuses - tronçonneuses - étêteuses - débardeuses

Elles déposent les billes en empilements ou sur des

remorques à une jetée:

- Koehring SWH

2.1.1.6 Les abatteuses - transporteuses

Ces machines déposent les arbres entiers en bordure de route ou à une jetée:

- Lokomo FLT
- Koehring KFF

2.1.2 Le matériel de traitement

Il comprend les engins qui réalisent une, deux ou même la totalité des opérations, soit à la souche, en bordure de la route, à la jetée intermédiaire même ou à l'usine. Suivant les opérations réalisées, on distingue les catégories suivantes:

2.1.2.1 Les ébrancheuses simples

Elles enlèvent les branches d'un arbre à la fois:

- Logma (Kockum)
- Tvigg (Volvo)

2.1.2.2 Les ébrancheuses multiples

Elles enlèvent les branches de plusieurs arbres à la fois:

- Morin
- Hydro - Ax
- Koehring

2.1.2.3 Les ébrancheuses - tronçonneuses

Ces engins transforment les arbres entiers en rondins:

- Arbomatik (Forano)
- Volvo 880
- Kockum
- ÖSA
- Hahn ou Can Car Processor

2.1.2.4 Les tronçonneuses (mobiles ou fixes)

Elles sectionnent les troncs entiers, en longueurs désirées, suivant l'utilisation:

- Tanguay
- Forano

2.1.3 Le matériel de manutention et de transport

Ce matériel est constitué de plusieurs types d'engins, suivant que les bois sont transportés sur la route ou non, en billes, troncs ou arbres entiers, en vrac ou bien empilés. Les principaux engins considérés dans l'étude entrent dans les catégories suivantes:

2.1.3.1 Les transporteurs primaires

Ce sont, soit des débusqueuses à câbles, des débusqueuses à grappins autochargeuses (FMC, Kockum, Lokomo, Tanguay, Volvo 971, etc...) et des débardeuses (Can-Car, F-4 Dion, Kockum, Koehring KLF, Lokomo, Pulpjack, Volvo, etc...). Ces engins effectuent le transport entre la souche et la jetée. On peut également inclure dans cette catégorie les mâts d'arrimage, tel L'Ecolgger de Can-Car.

2.1.3.2 Les chargeuses

Elles se subdivisent en deux groupes: celles avec fourches hydrauliques et celles avec flèches hydrauliques, équipées de grappins réguliers pour les billes, et de grappins "Heel-boom" ou "Butt'N Top" pour les troncs et les arbres entiers.

2.1.3.3 Les transporteurs sur routes

Ces engins sont, soit des camions à benne basculante, soit des ensembles de camion et remorques plus ou moins larges selon que l'on utilise la voie publique ou non.

2.1.4 Les déchiqueteuses

Ces machines transforment les billes, troncs ou arbres entiers en copeaux avant le transport final:

- Morbark chipharvester.

2.2 Brève description technique

2.2.1 Les abatteuses-empileuses

En plus de l'opération d'abattage, ces engins permettent l'empilage, phase qui facilite l'opération suivante de débardage ou de débusquage. Les trois types d'abatteuses-empileuses considérés dans l'étude sont:

- L'abatteuse-empileuse à châssis articulé à quatre roues motrices avec une tête d'abattage de type cisaille montée à l'extrémité d'une flèche hydraulique (e.g. Forano BJ-20).
- L'abatteuse-empileuse à châssis d'excavatrice hydraulique (chenille) portant une tête d'abattage de type cisaille en remplacement du godet (e.g. Drott 40 LC).
- L'abatteuse-empileuse montée sur châssis articulé, portée par plus de 2 essieux (les pneus tandems pouvant être habillés de chenilles) et dont la tête d'abattage est munie d'une scie à chaîne (e.g. Ösa 670, Volvo 995).

Le cycle de travail des abatteuses-empileuses commence par le positionnement de la tête au pied de l'arbre et l'abattage; à la fin de cette opération l'arbre est soulevé verticalement et l'engin effectue alors une manoeuvre combinée de rotation de la flèche et d'inclinaison de l'arbre pour le déposer en un endroit précis.



Le temps d'abattage est influencé par la vitesse de déplacement des engins porteurs. Le roulement sur pneus permet un déplacement plus rapide, donc une durée du cycle de travail plus courte que pour les abatteuses-empileuses montées sur chenilles. Les résultats de nos évaluations au Québec démontrent que la production moyenne du BJ-20 est de 1.8 arbres par minute, tandis que pour la Drott 40LC, elle est de 1.6 arbres par minute, et ce, pour des conditions moyennes de 18 arbres au cunit. Pour ce qui est de l'Ösa, quoique non vérifiée, la production dans les mêmes conditions serait de plus de 2 arbres par minute.

Ces trois types d'abatteuses-empileuses ont l'avantage d'avoir la tête d'abattage au bout d'une flèche hydraulique, permettant ainsi de récolter plusieurs arbres sans avoir à se déplacer.

La cisaille est très populaire et fort appréciée en raison de sa simplicité de fonctionnement et de son entretien quasi nul. Par contre la pénétration en force des lames dans les bois provoque un clivage des fibres sur une hauteur plus ou moins importante selon la saison d'opération. Ce décollement des fibres occasionne des pertes considérables dans l'industrie du sciage. En vue de limiter ces pertes, des cisailles à profil hémisphérique ont été développées. L'Ösa 670 pour sa part est équipée d'une tête d'abattage munie d'une scie à chaîne permettant d'augmenter sa capacité d'abattage par rapport à celle des cisailles et supprimant le phénomène de clivage.

Le type d'abatteuse-empileuse Drott peut être obtenu par

l'association d'une tête d'abattage à un châssis d'excavatrice à chenille quelconque (e.g. Poclain, Liebherr, Caterpillar).

S'apparentant au BJ-20 sont la Tree King (Kockum), la Volvo 995 et la Can Car Clipper; ce dernier engin est maintenant disparu du marché.

2.2.2 Les abatteuses - ébrancheuses - étêteuses - empileuses

Entre l'abattage et l'empilage, les manufacturiers ont intercalé divers mécanismes qui permettent l'ébranchage et l'étêtage avant le débusquage, complétant ainsi l'anneau manquant à la mécanisation complète du procédé en troncs entiers. Les éléments les plus connus de ce groupe sont décrits dans les paragraphes suivants:

La Poclain-Timmins est une machine semblable aux abatteuses-empileuses à châssis d'excavatrice hydraulique, sauf qu'elle est maintenant équipée d'une tête abatteuse-ébrancheuse Timmins. La Beloit H-14, tout comme la Poclain, est montée sur un châssis à chenille. Cet engin n'est plus manufacturé mais conserve toujours la faveur de certains exploitants. Les autres engins comme la Timberjack RW-30, la Tanguay (prototype) et la John Deere X-12 TL (prototype), considérés dans l'étude, sont tous montés sur pneus et châssis articulé.

La tête Timmins manufacturée par Timmins Auto Springs's Ltd, est du type cisaille et elle est munie de bras de préhension comme toute autre tête abatteuse. Après l'abattage, la tête est repliée de manière

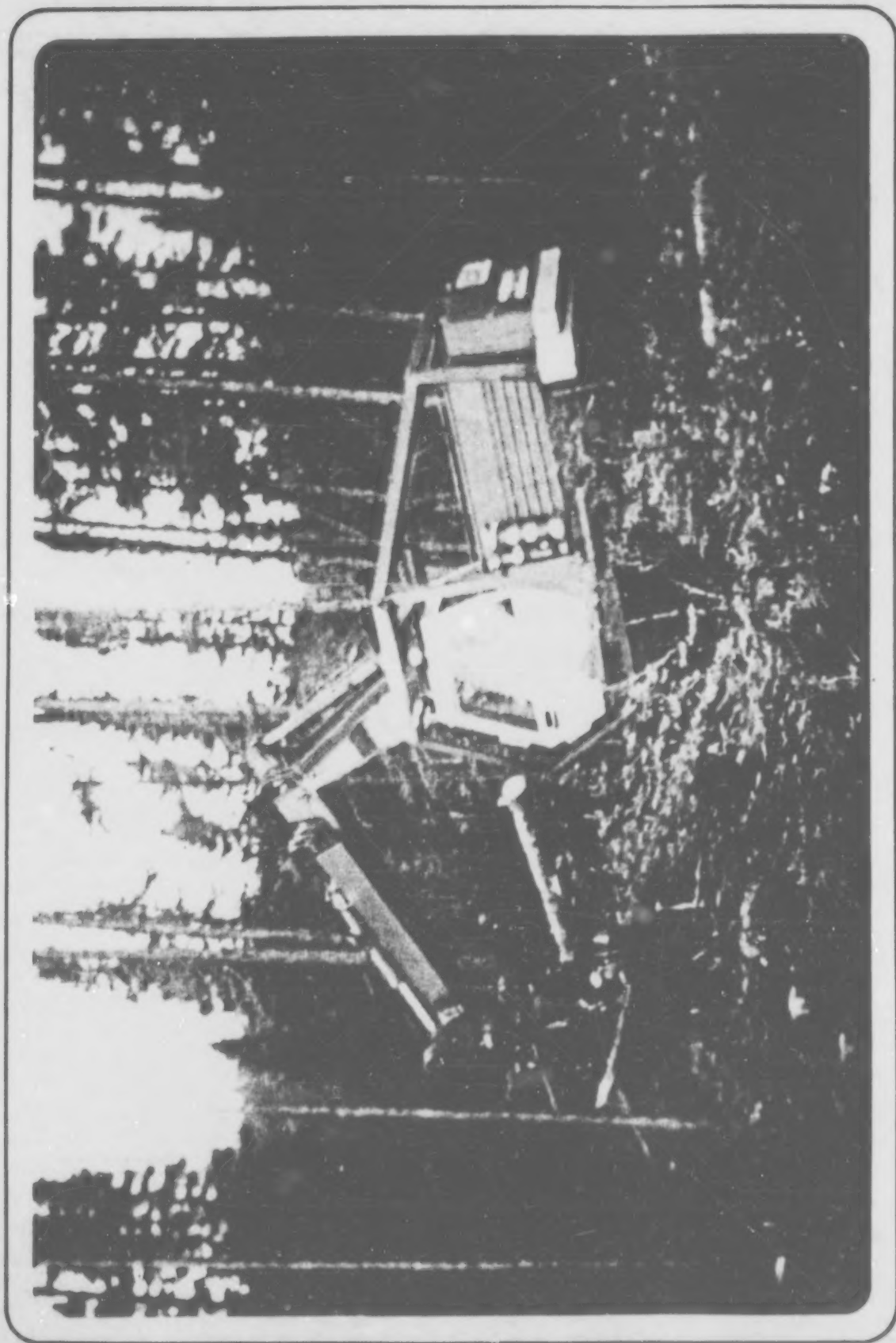


FIG. 22. - Abatteuse - ébrancheuse -
étêteuse - empileuse.

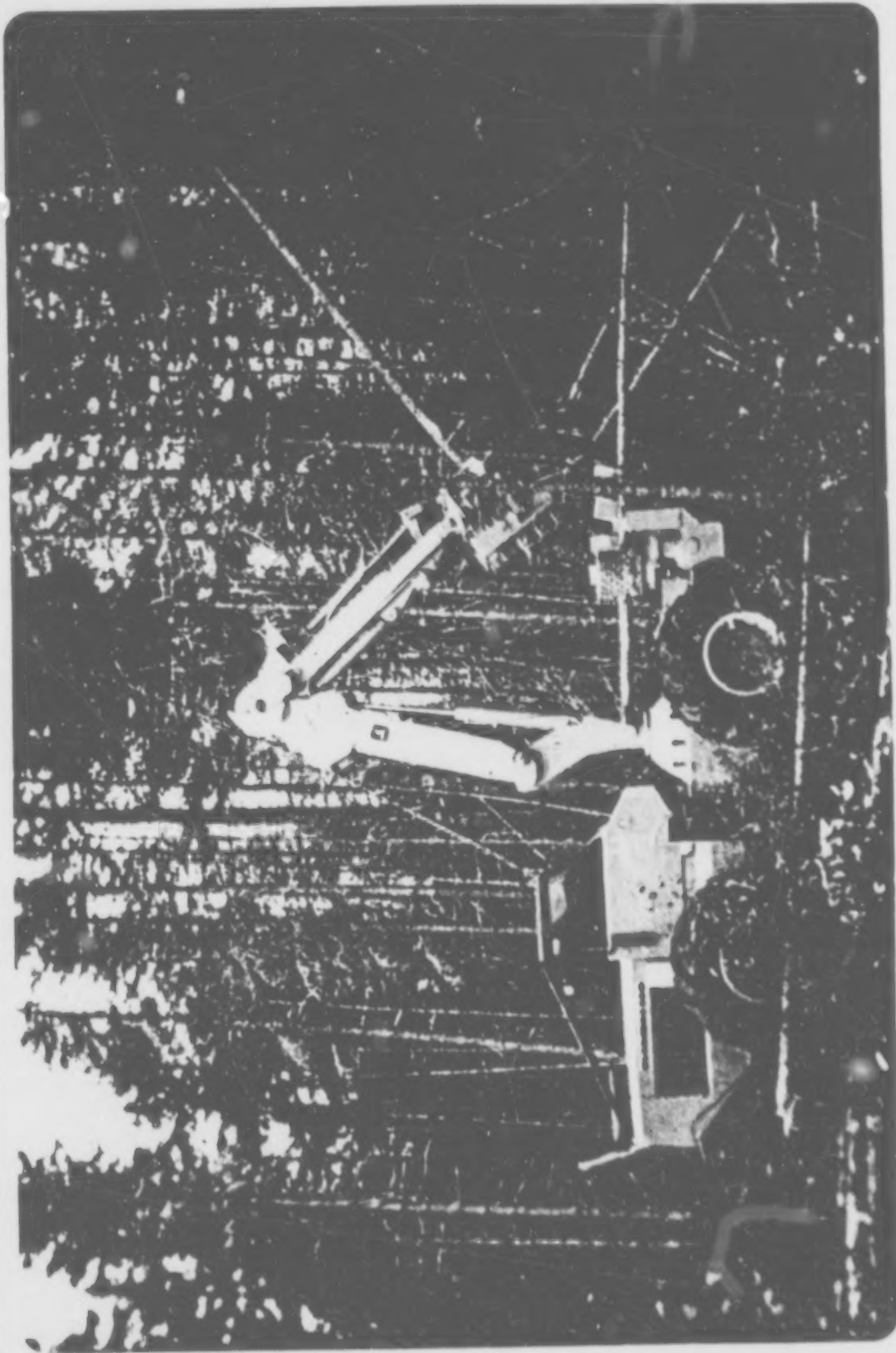


FIG. 21A - Abatteuse - ébrancheuse -
empileuse.



à ce que l'arbre soit retenu en position horizontale dans les bras de préhension. La tige est alors tirée le gros bout en premier par des rouleaux à travers les couteaux ébrancheurs.

Chez la Beloit H-14, l'arbre est ébranché avant d'être séparé de la souche. Le système ébrancheur-étêteur comprend un grand mât vertical le long duquel se déplace à l'aide de câbles une tête ébrancheuse. L'arbre est ensuite abattu et déposé en un endroit précis.

La RW-30, commercialisée par la société Eaton Yale (Timberjack), présente un aspect différent puisqu'elle est constituée d'un châssis de Timberjack 330, donc très manœuvrable, sur lequel est placé le système ébrancheur-étêteur, un réceptacle permettant l'emmagasinement d'une quinzaine de tiges, et à l'avant un sécateur à pince de type cisaille fixé à l'extrémité d'un bras hydraulique. Ce bras court oblige la machine à des déplacements fréquents. Le système ébrancheur-étêteur consiste en un mât horizontal opérant selon le même principe que la Beloit, mais limité à une longueur d'ébranchage de 30 pieds environ. Le déchargement est assuré par éjection latérale des tiges du panier où ces dernières ont été accumulées. Cet engin offre un certain potentiel en coupe d'éclaircie étant donné qu'il est de petite dimension et qu'il groupe les tiges en tas bien définis diminuant ainsi les manœuvres au débusquage.

Selon nos expériences, les productions moyennes de ces machines sont les suivantes:

- Poclain-Timmins : 1.1 arbre/minute
- RW-30 : 0.8 arbre/minute

Toutefois la RW-30 est limitée au bois de 4 à 5 pieds cubes/ arbre avec un maximum de 40 pieds de hauteur marchande.

Même si elles sont à l'état de prototype, deux machines ont attiré notre attention au cours de nos études. Ce sont la Tanguay et la John Deere X-12 TL. Cette dernière devrait être très bien acceptée par les opérateurs à cause de son confort, de sa grande manoeuvrabilité et de son potentiel productif.

Ces deux engins, quoique du même principe, sont très différents de taille, la Tanguay étant beaucoup plus grosse. Ils sont montés sur châssis articulé, comprenant sur la partie avant la cabine de l'opérateur, la flèche d'abattage et le système d'ébranchage. La partie arrière du châssis porte le moteur et les pompes d'alimentation. Le système d'ébranchage séparé de l'abattage est constitué de rouleaux d'entraînement qui tirent la tige à travers les couteaux ébrancheurs, avant de la déposer au sol, via un convoyeur chez la Tanguay. Plusieurs arbres peuvent être abattus et traités sans que la machine ne se déplace permettant de regrouper les tiges en gerbes. La production escomptée s'élève à plus de 2 arbres par minute, chiffre qui sera précisé dans des analyses subséquentes.

2.2.3 Les abatteuses - ébrancheuses - tronçonneuses - étêteuses

Dans cette catégorie, seule la Poclain-Timmins a retenu notre attention. Son cycle de travail débute avec le positionnement du système abatteur-ébrancheur autour de l'arbre, suivi de la fermeture des couteaux-ébrancheurs qui servent également de pince de maintien pour l'abattage. Vient ensuite la rotation de la tête abatteuse-ébrancheuse qui place l'arbre parallèlement au sol; les rouleaux d'entraînement tirent alors la tige à travers l'ébrancheur jusqu'à une certaine longueur passé le sécateur tronçonneur. Ce dernier entre en action tronçonnant une bille qui tombe au sol. Nos observations indiquent une production moyenne d'environ 0.9 arbre par minute dans de bonnes conditions d'exploitation.

2.2.4 Les abatteuses - ébrancheuses - tronçonneuses - étêteuses - débardeuses

La moissonneuse Koehring est présentement seule dans cette catégorie et représente un summum de mécanisation. Cette machine, montée sur un châssis articulé, est de forte dimension, tout en conservant une manoeuvrabilité étonnante. Sa construction consiste en trois sections effectuant chacune des fonctions distinctes. La première section est constituée d'une flèche d'abattage équipée d'une cisaille capable de couper au ras du sol. Une fois coupé, l'arbre est transféré de la tête d'abattage à la deuxième section située au centre de la machine et constituée d'une tour d'ébranchage qui supporte l'arbre obliquement. L'arbre est alors encerclé par des bras, ébranché, tronçonné par une cisaille en billes de 8 pieds qui sont finalement dirigées via



FIG. 23. - Abatteuse - ébrancheuse -
tronçonneuse - débardeuse.

des rouleaux coniques vers le panier d'emmagasinement où elles sont introduites, par poussée verticale, sous les billes déjà présentes.

Après l'abattage, toutes les opérations se font simultanément et automatiquement sans l'aide de l'opérateur qui peut se consacrer entièrement à l'abattage d'un autre arbre.

Une fois le panier plein (6.5 cunits environ), l'opérateur dirige la machine vers le chemin de camion où, sans quitter sa cabine, il fait pivoter son siège pour faire face aux billes et procède au déchargement au moyen d'une seconde flèche articulée munie d'un grappin. Les billes sont alors empilées sur les bords du chemin ou sur des remorques garées à cet effet.

Récemment on a pourvu d'un accumulateur la tête abatteuse et la tour de traitement, permettant d'abattre et de façonner plus d'un arbre à la fois.

Nos études démontrent une production de 2.6 cunits par heure productive avec des arbres de 5 pieds cubes, à une distance de débarquement moyenne de 800 pieds (soit 0.9 arbre par minute); il s'agit d'une productivité par jour-homme de trois à quatre fois supérieure aux opérations conventionnelles avec débusqueuses.

2.2.5. Les abatteuses-transporteuses

Les deux machines considérées dans cette catégorie sont la

Lokomo FLT et la Koehring KFF, respectivement abatteuse-débusqueuse et abatteuse-débardeuse.

L'abatteuse-débusqueuse Lokomo est montée sur châssis articulé. La partie avant du châssis est munie d'une flèche hydraulique terminée par une cisaille, elle-même équipée d'un accumulateur, permettant de récolter de 1 à 3 arbres à la fois. La partie arrière du châssis est munie d'une pince auto-serrante.

Pour sa part, la société Koehring vient de mettre au point une abatteuse-débardeuse de forte taille. L'ensemble est monté sur un châssis articulé portant, tout comme la Lokomo, une flèche hydraulique terminée par une cisaille multiple. Une fois abattus, les arbres sont déposés dans une benne basculante pouvant contenir une charge de 50,000 lbs.

Le nouveau type de cisaille avec pince accumulatrice, dont sont équipés les deux engins précédents, permet d'augmenter la productivité, surtout lorsque les arbres sont de faible dimension. Il est à noter également que leur tête d'abattage peut rapidement être remplacée par un grappin à talon permettant leur utilisation comme transporteuse auto-chargeuse de troncs ou d'arbres entiers.

On a observé des productions moyennes de 3.7 et 7.8 cunits par heure productive pour la Lokomo et la Koehring respectivement, dans des peuplements de 16 arbres au cunit, à une distance de transport moyenne de 500 pieds.



FIG. 24. - Abatteuse - transporteuse.

La Volvo-Ösa et la Kockum sont de même conception que la Lokomo. La Log-All est maintenant disparue du marché.

2.2.6 Les ébrancheuses simples

Les deux machines considérées dans l'étude, soit la Logma T-310 (Kockum) et la Tvigg (Volvo), sont conçues pour réaliser à la souche ou en bordure de route les opérations d'ébranchage et d'empilage des tiges abattues. Toutes deux sont montées sur un châssis articulé dont la partie arrière porte le système d'ébranchage et la partie avant le moteur.

Chez la Logma T-310, le système d'ébranchage se compose d'une flèche télescopique d'une portée maximum de 39 pieds, composée de deux éléments, l'un rétractable dans l'autre. L'élément rétractable ne comporte qu'une pince à couteaux ébrancheurs. L'arbre préalablement abattu est saisi à la cime par la pince de l'élément rétractable qui en se retirant vient placer le houppier de l'arbre dans la pince de l'élément fixe pour retenir la tige et faire l'étêtage. La flèche télescopique se déploie sur toute sa longueur le long de la tige en réalisant l'ébranchage. Si l'ébranchage n'est pas complété, l'élément rétractable transporte la partie ébranchée à la pince et le cycle recommence jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de branches sur le tronc.

Grâce au rayon d'action important de la flèche télescopique, la machine peut faire d'assez gros empilements sans avoir à se dépla-

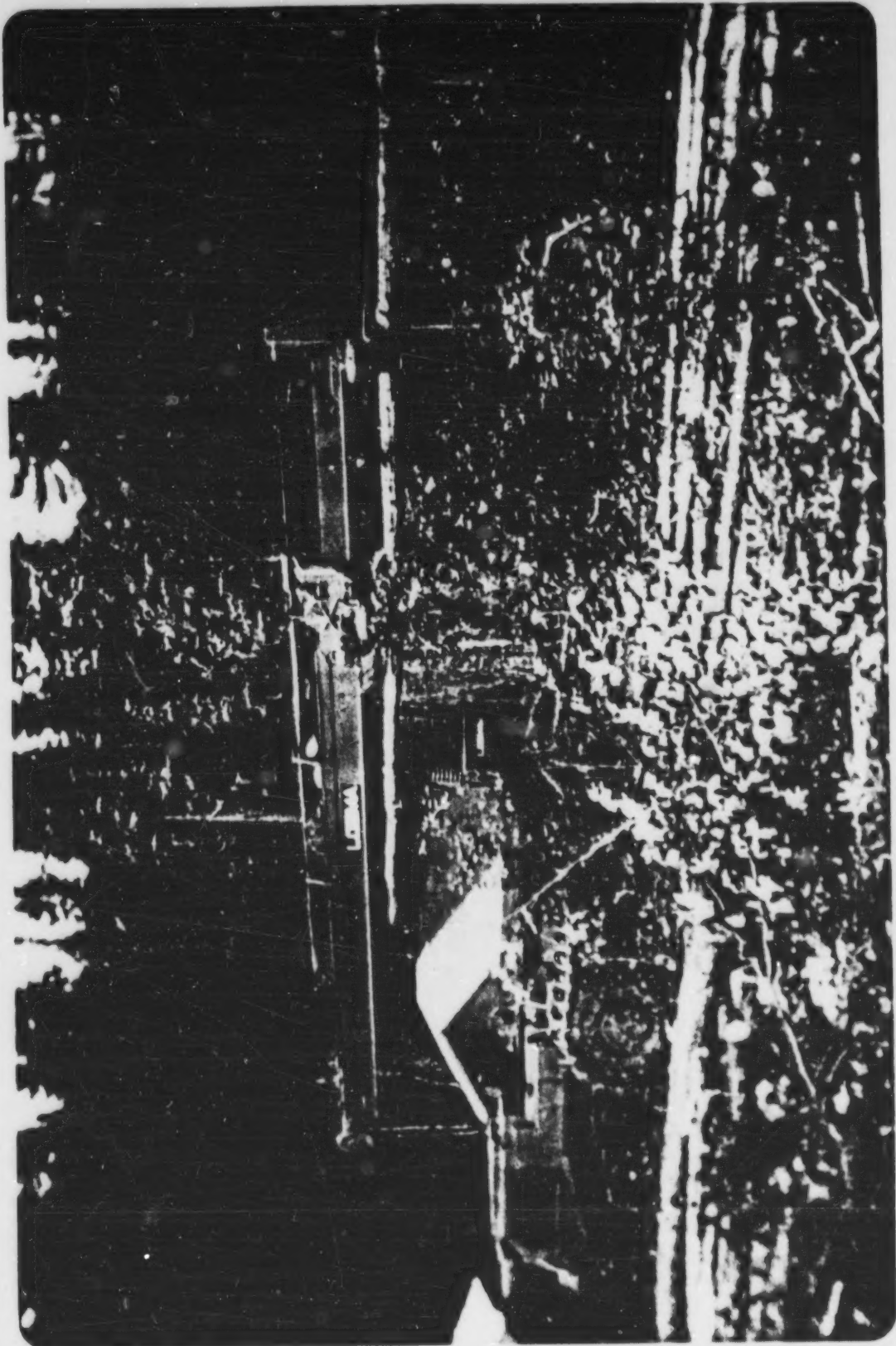


FIG. 25. - Ebrancheuse simple.

cer, et réussir des productions d'environ 1.7 et 1.2 arbres/minute dans des peuplements de 15.5 et 8.3 arbres/cunit respectivement.

Pour sa part, la Tvigg est montée sur l'arrière d'une débardeuse Volvo dont le grappin de manutention sert à alimenter le système d'ébranchage. Des rouleaux coniques tournant à grande vitesse entraînent les tiges à travers trois couteaux (deux mobiles et un fixe). Une fois ébranché, l'arbre continue sa trajectoire et est ainsi propulsé à une certaine distance de la machine. Côté production, on a mesuré, en Suède, une moyenne de 1.9 arbres/minute dans des peuplements comportant 13 arbres/cunit.

La Logma et la Tvigg ont, bien entendu, le désavantage de n'ébrancher qu'un arbre à la fois.

2.2.7 Les ébrancheuses multiples

Dans cette catégorie, deux engins retiennent notre attention, ce sont la Morin et l'Hydro-Ax. En plus d'ébrancher, la Morin étête les arbres, opération que l'Hydro-Ax n'effectue pas.

L'ébrancheuse-étêteuse Morin comprend une barre inférieure et une barre supérieure mobile fixées sur le châssis arrière d'une abat-teuse-transporteuse Log-All convertie. La barre supérieure possède un certain nombre d'ouvertures semi-circulaires d'un diamètre d'environ 12 pouces et une scie circulaire se déplaçant le long d'un guide pour étêter les tiges.

Les tiges sont amenées près de la machine Morin à l'aide d'une débusqueuse à câbles. Sans que les tiges ne soient détachées, la barre supérieure est abaissée sur les tiges. La débusqueuse tire alors la charge lentement permettant ainsi de couper, d'arracher ou de casser les branches. A la fin de l'opération, la charge est immobilisée et la scie circulaire effectue l'étêtage. La débusqueuse continue alors sa course jusqu'au point de déchargement.

La productivité de cette machine est surtout fonction de la phase débusquage et on estime qu'une Morin peut fournir de 4 à 8 débusqueuses.

La Morin est cependant en voie d'être supplantée par les ébrancheuses à chaînes du type Hydro-Ax et Vulcan. Ce type de machine révolutionne présentement l'opération d'ébranchage en offrant des productivités considérablement accrues et des coûts fortement diminués.

L'Hydro-Ax est manufacturée par National Hydro-Ax Inc., Owatonna, Minnesota. La machine consiste en un châssis articulé du type débusqueuse ou chargeuse à transmission hydrostatique. L'ébrancheuse à chaînes montée à l'avant est également actionnée par une pompe hydraulique. Le système d'ébranchage est formé d'un tambour de 18 pouces de diamètre et de 9 pieds de large auquel sont attachées, par un bout, 26 chaînes d'une longueur de 22 pouces et 4 chaînes de 12 pouces. L'opérateur est protégé des débris projetés par l'action des chaînes, grâce à un déflecteur qui les dirige vers le sol. Le tambour exécute 500 révolutions par minute projetant ainsi les chaînes sur les branches,

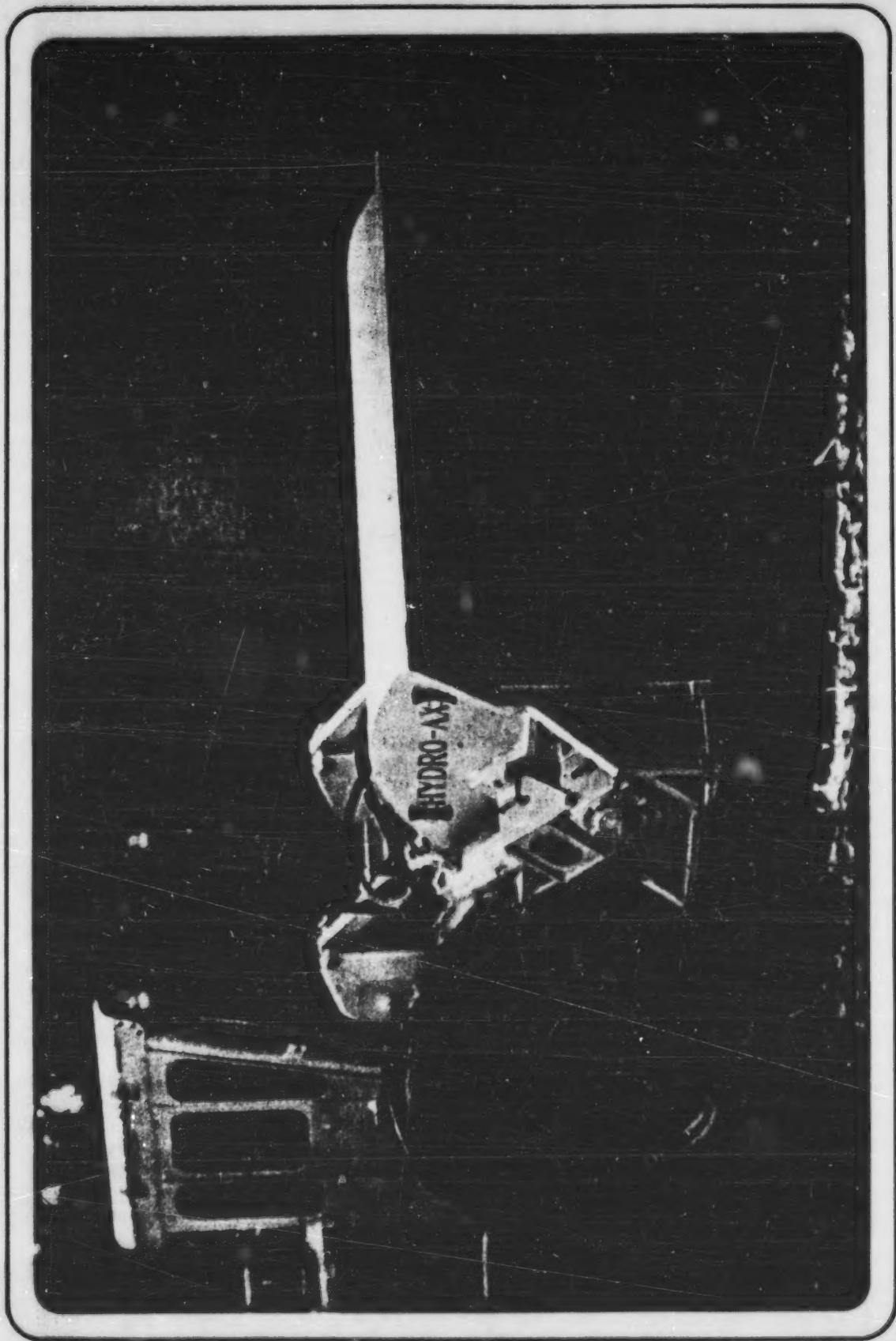


FIG. 26. - Ebrancheuse multiple.

le long des tiges et sous les troncs pour effectuer l'ébranchage.

L'opération globale s'effectue ainsi: une fois la débusqueuse arrivée à la station d'ébranchage, la charge est relâchée sans toutefois que les élingues soient détachées; l'Hydro-Ax avance alors sur toute la longueur de la charge en partant par la cime puis revient à son point de départ toujours avec les chaînes en mouvement. Ces deux passes effectuées, la débusqueuse relève sa charge et continue sa course jusqu'au point de déchargement. Pour sa part, l'ébrancheuse est prête pour une autre charge. Une Hydro-Ax peut fournir jusqu'à 12 débusqueuses, selon la distance de débusquage.

2.2.8 Les ébrancheuses-tronçonneuses

Dans cette catégorie, on a étudié cinq machines: l'Arbomatik, la Can Car maintenant commercialisée par la société Hahn Machinery Inc., la Volvo 880, la Kockum 875-78 et l'ÖSA 705. Ces trois dernières d'origine suédoise sont de conception presque identique.

L'Arbomatik est apparue sur le marché après plusieurs années d'étude de la part du Logging Research Associates, groupe formé des compagnies Quebec North Shore Paper, Canadian International Paper et Abitibi Paper. Elle est maintenant commercialisée par la société Forano.

L'Arbomatik comprend un châssis sur chenilles portant une tourelle à rotation continue sur laquelle est disposé le système de

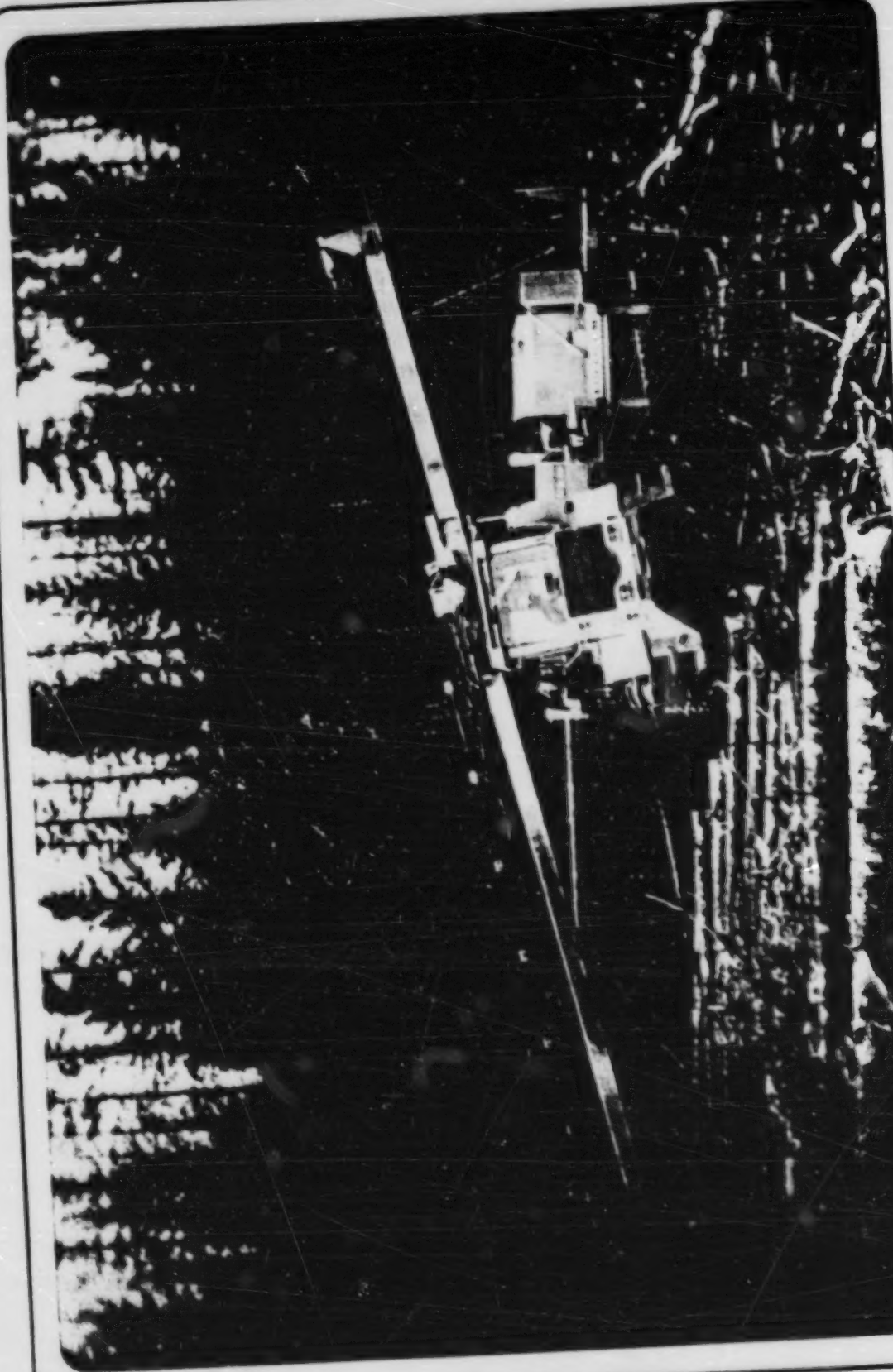


FIG. 27. - Ebrancheuse-tronçonneuse à production de billes de longueurs variables.



FIG. 28. - Ebrancheuse-tronçonneuse à production de billes
de longueur constante.

traitement. Son cycle de travail s'effectue de la façon suivante: les arbres entiers empilés à une jetée, en bordure de route, sont saisis par le gros bout à l'aide d'une flèche télescopique munie d'un grappin à son extrémité. En se rétractant, la flèche insère l'arbre dans le mécanisme d'ébranchage composé de quatre lames tranchantes qui se referment en croix sur le tronc et cisailent les branches lorsque l'arbre est entraîné par les quatre rouleaux motorisés. Une fois le chargement effectué, les opérations sont complètement automatisées; un étêteur coupe la cime lorsque le diamètre prédéterminé est atteint et une guillotine mobile tronçonne le tronc en longueurs de 8 pieds. La mobilité de la guillotine permet le mouvement continu de l'arbre et augmente ainsi la capacité de production. Les billes passent ensuite à la table d'empilage qui assure une pile uniforme. Pour leur part, les branches et les houppiers tombent à l'avant de la machine.

Côté production, l'Arbomatik peut atteindre plus de 2 arbres par minute.

Quoique de construction plus légère, la façonneuse Hahn effectue les mêmes opérations que l'Arbomatik et tout comme pour cette dernière, les opérations se font en bordure de route, ou à la jetée. Elle est montée sur un châssis rigide à deux essieux dont seul l'arrière est motorisé. La machine comprend un grappin de manutention et un bâti fixe, au centre duquel se trouvent une plaque de rétention et une guillotine, servant de guide au chariot mobile surmonté de bras ébrancheurs.

Le cycle de travail se présente de la façon suivante: la flèche articulée saisit un arbre entier (ou plusieurs si les arbres sont petits) et place le gros bout de celui-ci dans la tête ébrancheuse. L'arbre est alors entouré par les couteaux ébrancheurs montés sur le chariot qui le déplace jusqu'à la guillotine (soit une distance de 8 pieds). L'arbre est alors retenu en place par une plaque, permettant au chariot de retourner à sa position initiale tout en effectuant l'ébranchage et le cycle recommence. La guillotine est actionnée au bon moment, selon la longueur des billes désirées (8 ou 16 pieds). Les billes de 16 pieds tombent au bout du bâti alors que celles de 8 pieds sont emmagasinées dans un panier. Nos observations indiquent une production d'environ 1 arbre/minute dans des peuplements de quelque 20 arbres/cunit.

La Volvo, la Kockum et l'ÖSA sont des engins forestiers qui ébranchent et tronçonnent efficacement les troncs avant de les déposer en piles séparées (bois destinés au sciage et bois destinés à la pâte). Toutes trois sont montées sur châssis articulé à six roues motrices et peuvent évoluer à la souche, en bordure de route ou à une jetée.

La Volvo et la Kockum sont équipées d'une flèche télescopique portant à son extrémité un grappin qui effectue un ébranchage préliminaire. L'ébranchage final se fait automatiquement pendant l'opération tronçonnage. Dans le cas de l'ÖSA, l'alimentation du système d'ébranchage est assurée par une flèche articulée et un grappin de chargeuse.

Une fois le chargement effectué, le tronc est entraîné par

des rouleaux motorisés à travers des lames qui entourent la tige. Le tronc est ensuite sectionné automatiquement en longueurs désirées par une scie circulaire à commande hydraulique.

Durant le traitement d'une bille de sciage, on déploie la table de tri située en ligne avec le système d'ébranchage-tronçonnage. A l'arrivée de la bille au niveau de l'orifice de sortie, le contrôle de mesure intervient, actionne le dispositif de tronçonnage et la bille tombe au sol. Lorsqu'une bille de bois à pâte est traitée, la table de tri fait tomber celle-ci dans la poche de réception sous le bâti. Une fois pleine, l'opérateur la décharge groupant ainsi le bois à pâte en piles compactes séparément des billes de sciage. Lorsque le diamètre du tronc est inférieur à la dimension minimum, un éjecteur automatique projette le houpplier au sol.

La production moyenne de ces machines est d'environ 1.4 arbres par minute dans du bois de 5 pieds cubes par arbre.

2.2.9 Les tronçonneuses

Il existe une grande variété de tronçonneuses dont les manufacturiers les plus connus sont: Tanguay, Forano, Nesco et Pettibone.

Les tronçonneuses sont montées sur châssis rigides à trois essieux et travaillent soit en bordure de route, soit près d'une rivière ou d'un chemin de fer. Elles tronçonnent les troncs entiers en billes de 4, 8, 12 ou 16 pieds. Quel que soit leur modèle, le cycle de travail se compose comme suit: plusieurs troncs entiers sont dépo-

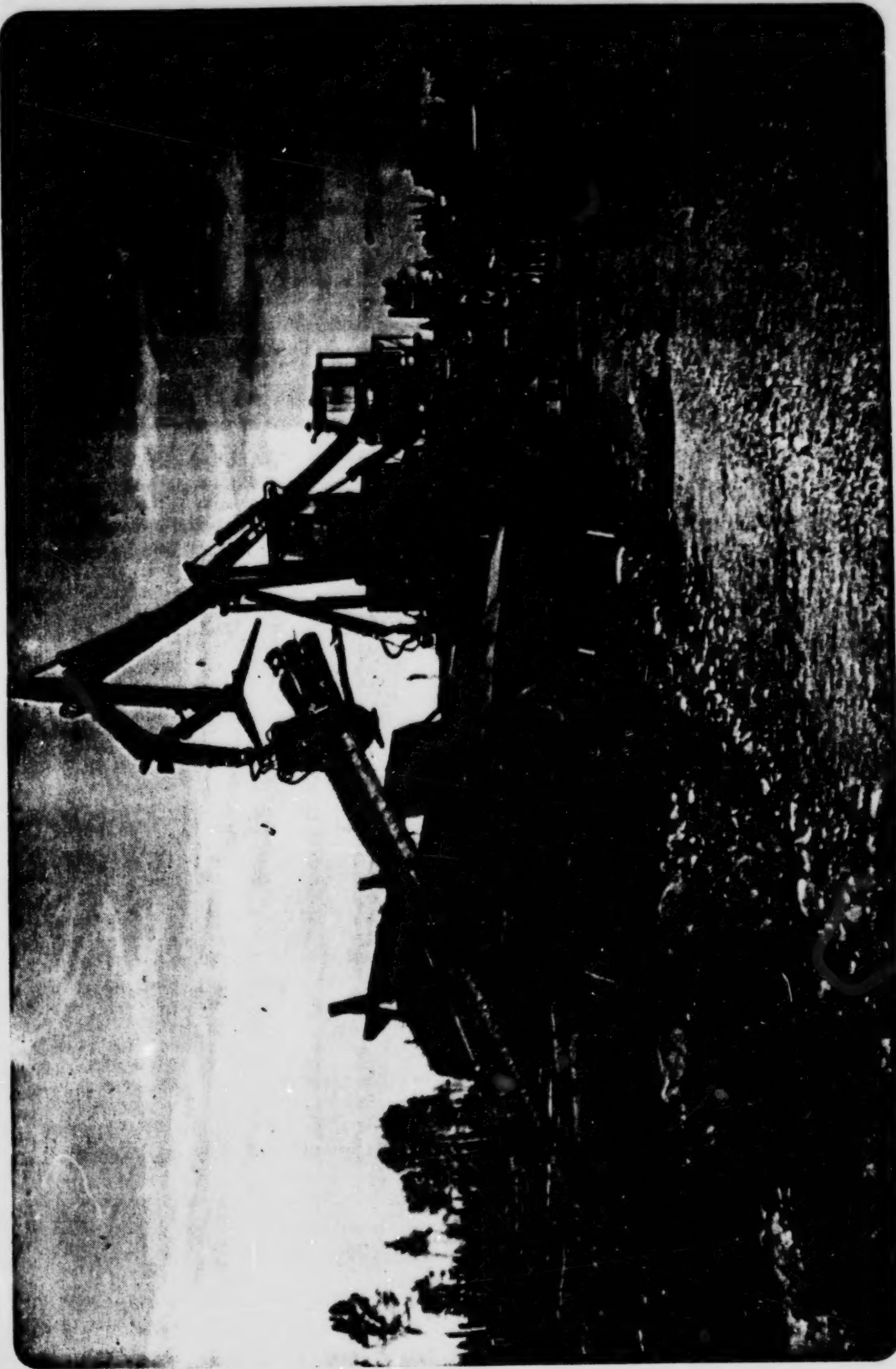


FIG. 29. - Tronçonneuse.

sés, à l'aide de la flèche articulée sur un convoyeur qui les amènera au niveau du poste de tronçonnage. Les tiges butant sur une plaque d'arrêt, placée perpendiculairement au convoyeur, se trouvent alignées et sont tronçonnées par une ou des scies circulaires, montées sur pendules, que commande l'opérateur.

Les billes obtenues sont soit dirigées vers un panier de faible contenance ou vers un convoyeur qui laisse tomber celles-ci à l'eau (rivière ou lac) ou en vrac dans une benne de camion. Si la machine est munie d'un panier plutôt que d'un convoyeur, le déchargement est assuré par une seconde flèche articulée ou une chargeuse autonome séparée.

La plupart de ces engins sont automoteurs mais en raison de leur taille, ils n'évoluent que sur route ou sur terrain dégagé. La main-d'oeuvre requise pour opérer ces machines varie de 1 à 3 opérateurs selon la grosseur de la tronçonneuse ou la nature du produit façonné.

La production de l'unité étudiée, soit une Tanguay, est d'environ 20 cunits par heure productive dans des arbres de 5 pieds cubes.

2.2.10 Le matériel de transport primaire

Une très grande variété de transporteurs sont disponibles pour déplacer les bois de la souche au chemin de camion. L'opération débusquage-débardage est très coûteuse dans l'ensemble du cycle d'exploitation et pour cette raison, elle a fait l'objet de nombreuses études et recher-

ches. Le choix du matériel dépend, bien entendu, des opérations qui précèdent, de la topographie, de la distance à parcourir et de la nature du sol.

Pour la sortie de bois en rondins (4, 8 et 16 pieds), on utilise surtout des engins porteurs autochargeurs à châssis articulé montés sur pneus ou chenilles; mais on rencontre encore dans des opérations de faible envergure, où les billes sont façonnées en 4 pieds, des débardeuses du type F-4 Dion ou Bombardier qui ne sont pas équipées de flèche hydraulique et qui nécessitent un chargement manuel.

Dans le cas des débardeuses à roues, les manufacturiers les plus connus sont Franklin, Can Car, Timberjack et Koehring (Koehring a maintenant abandonné cette ligne de production). Ces machines sont toutes communément appelées "Pulpjack" ou "Forwarder". Dans le cadre de ce rapport, la débardeuse Koehring a été étudiée pour le transport de billes de 8 pieds. Pour fins de comparaison, la production obtenue est de 5.1 cunits par heure productive pour une distance moyenne de débar dage de 700 pieds et un peuplement de 16 cunits à l'acre.

Il est également possible d'obtenir sur le marché canadien des engins d'origine scandinave telles que la Volvo BM 971, la Kockum 875-66 et la Lokomo 925. Ces machines sont à châssis articulé à trois essieux et 6 roues motrices et ont une capacité de charge plus grande que les précédentes. Elles sont toutes très confortables et d'entretien facile, en plus d'avoir l'avantage de se transformer en débusqueuses pour arbres

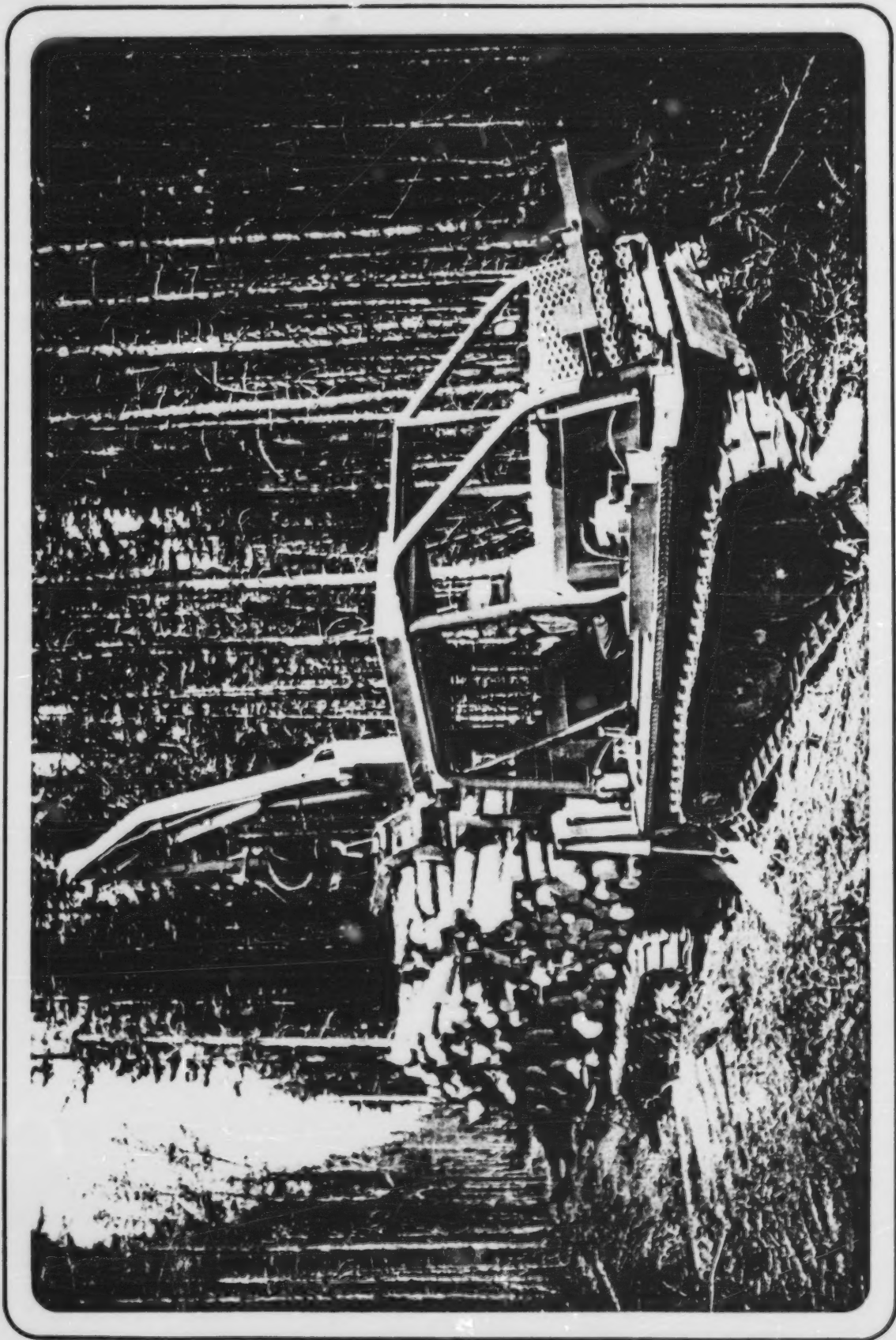


FIG. 30. - Débardeuse de rondins.

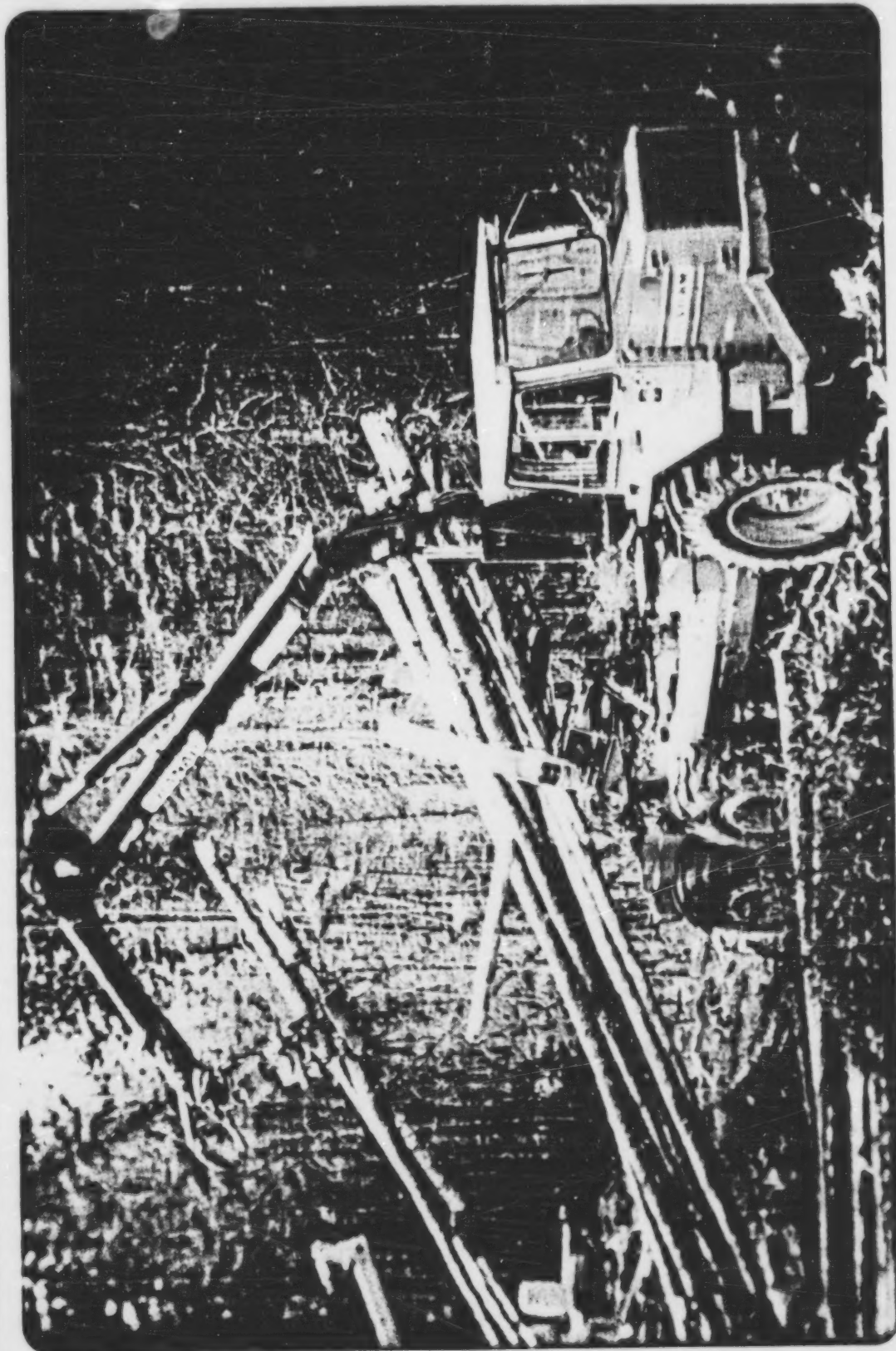


FIG. 32. - Débusqueuse à pince.



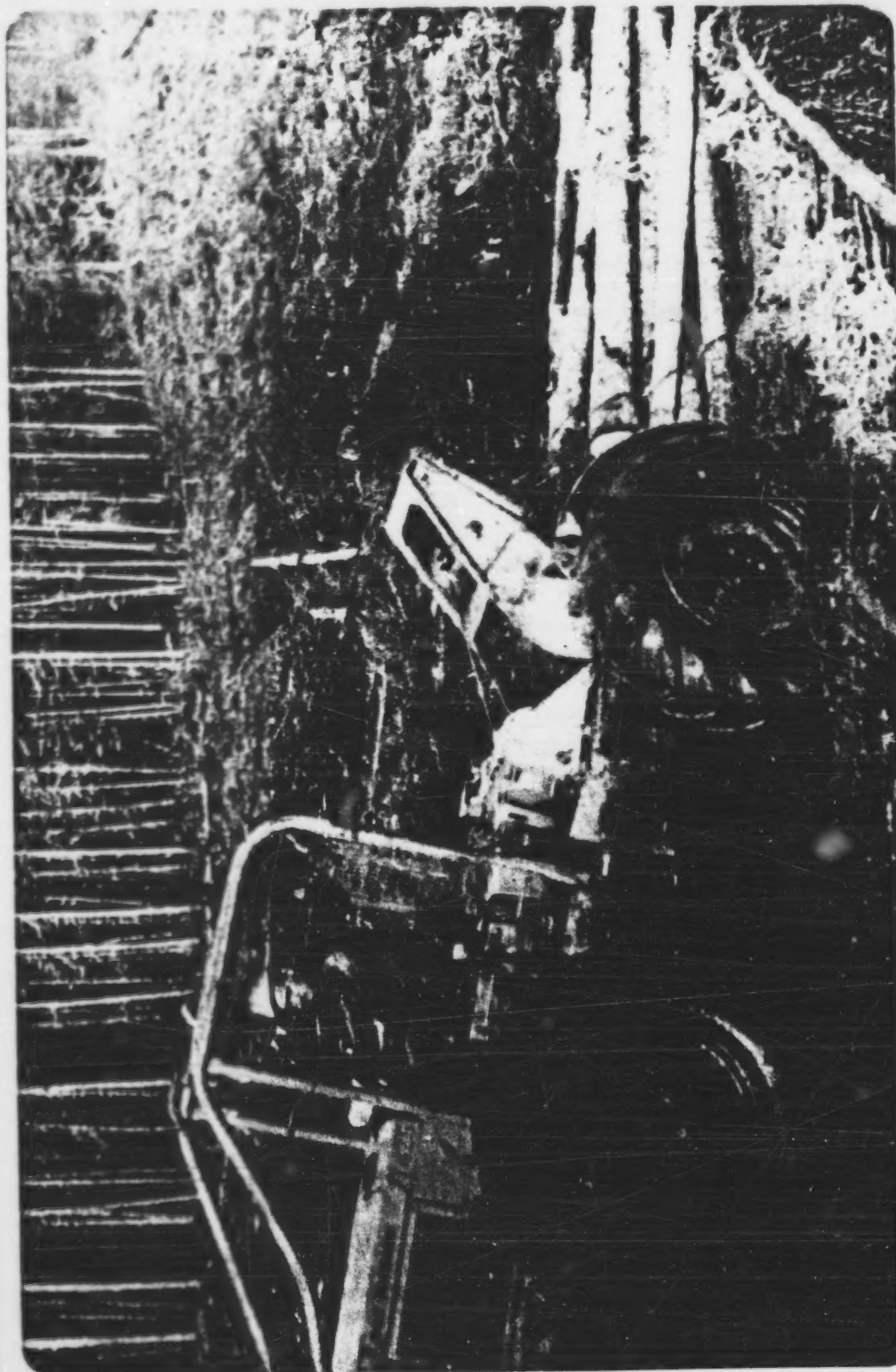


FIG. 31. - Débuseuse à câbles.

ou troncs entiers, s'il y a changement de mode d'exploitation. Le châssis arrière est alors équipé d'une sellette à pince (grappin s'ouvrant par le haut) remplaçant la benne à piquets. La grue de chargement place le gros bout des tiges dans la sellette à pince; les bras se referment hydrauliquement sur la charge et des câbles incorporés viennent enserrer les troncs assurant une bonne prise pour le transport. Une fois à destination, la pince se relâche et la machine avance lentement permettant aux tiges de glisser au sol.

Nos études démontrent une production de 5.7 cunits par heure productive pour la débusqueuse de troncs entiers Volvo 868 à une distance de 1,100 pieds. Pour sa part, la Kockum 875-66 débardant des billes de 8 pieds à 1,100 pieds en moyenne dans un peuplement de 16 cunits à l'acre produit 6.6 cunits par heure productive.

De conception identique aux machines scandinaves est la FMC 200BG montée sur chenilles, permettant ainsi plus de flottaison en terrain mou, et équipée d'une grue de chargement et d'une sellette à pince. Certaines observations indiquent un potentiel élevé pour cette machine qui fera l'objet d'études subséquentes à ce travail.

Le débardage d'arbres entiers ou de troncs entiers est maintenant possible avec la Koehring KLF. Cette machine fut précédemment décrite à la section des abatteuses-transporteuses (2.2.5). La seule différence est que la tête abatteuse fait maintenant place à un grappin de manutention.

Il en demeure tout de même que la machine encore la plus populaire est la débusqueuse à câbles conventionnelle. Les manufacturiers les plus connus sont Timberjack, Tree Farmer, Clark, John Deere, International et Caterpillar. Ce sont des tracteurs à châssis articulé montés sur 2 essieux et munis d'un treuil composé d'un câble principal et d'élingues ("chockers") au nombre de 12 à 15 généralement. Les tiges préalablement élinguées par le gros bout sont groupées par traction du câble. La charge est alors transportée par semi-trainage jusqu'à la jetée et on rencontre fréquemment des productions d'environ 3 cumits par heure productive.

En terrain escarpé, l'usage d'un mât d'arrimage à longue portée offre un bon potentiel. Ce mât peut être monté sur l'arrière d'une débusqueuse comme c'est le cas pour l'Ecologger de la société Can-Car.

2.2.11 Les déchiqueteuses "Chippers"

La mise en copeaux se fait habituellement en usine après écorçage des rondins. Dans certains cas, elle pourrait être avantageusement intégrée dans la chaîne d'opérations de façonnage.

En dehors des déchiqueteuses dites d'usine, des machines mobiles ou semi-mobiles de conceptions variées ont été mises sur le marché depuis quelques années. Cette solution présente l'avantage de pouvoir utiliser intégralement les branches et les houppiers. Ce système pourrait également constituer une solution intéressante pour les bois de petites dimensions et de forme défectueuse, souvent devenus inexploi-

tables par des procédés classiques en raison de leur faible valeur.

L'emploi de cette méthode est actuellement limité, étant donné que les copeaux non écorcés ne peuvent constituer qu'un pourcentage assez réduit de la fibre requise dans la fabrication de certaines pâtes. Des recherches sont en cours pour éliminer l'écorce des copeaux et on peut espérer que les problèmes posés seront bientôt résolus.

Les modèles de déchiqueteuses les plus connus sont la Morbark, la Forano, la Nicholson et la Trelan. Ces dernières réalisent le déchiquetage des arbres entiers avec branches, cimes, feuilles ou aiguilles. Les éléments de ces systèmes sont:

- une déchiqueteuse à disque munie de 3 ou 4 couteaux
- un tube articulé d'évacuation des copeaux. L'articulation du tube offre la possibilité d'orienter le jet sortant de copeaux
- un convoyeur à chaîne et trois rouleaux presseurs assurant le maintien des bois lors du découpage
- une grue de chargement.

La puissance nécessaire est fournie par un moteur diesel développant 380 Hp.

La production moyenne obtenue avec le modèle 75 de Morbark est de 35 à 45 tonnes vertes de copeaux par heure suivant les caractéristiques anatomiques et dendrométriques des tiges utilisées.

2.2.12 Le matériel de transport final

Le transport final se définit ainsi: transport de la matière première sous diverses formes, effectué par des méthodes et du matériel variés en une ou plusieurs étapes, entre la jetée secondaire et l'usine.

La forme, la méthode et le matériel de transport varieront, suivant les contraintes imposées tant du point de vue physique qu'économique. Les moyens de transport utilisés sont, par ordre d'importance, i) le camionnage; ii) le flottage; iii) le transport ferroviaire et iv) le transport par barge. Le camionnage ayant été suffisamment décrit à la rubrique 1.2.1.3, on ne s'attachera dans les paragraphes suivants qu'à la description des 3 autres moyens de transport ci-haut énumérés.

2.2.12.1 Le flottage

Autrefois l'un des seuls, sinon l'unique moyen de transport utilisé, le flottage voit actuellement sa popularité diminuer de façon considérable. D'un point de vue strictement économique, peu de moyens de transport rivalisent avec lui; on pourrait conséquemment se demander pourquoi, en une période où toute diminution du coût du bois rendu à l'usine serait bienvenue, le flottage diminue graduellement.

Plusieurs raisons expliquent ce recul; en voici quel-

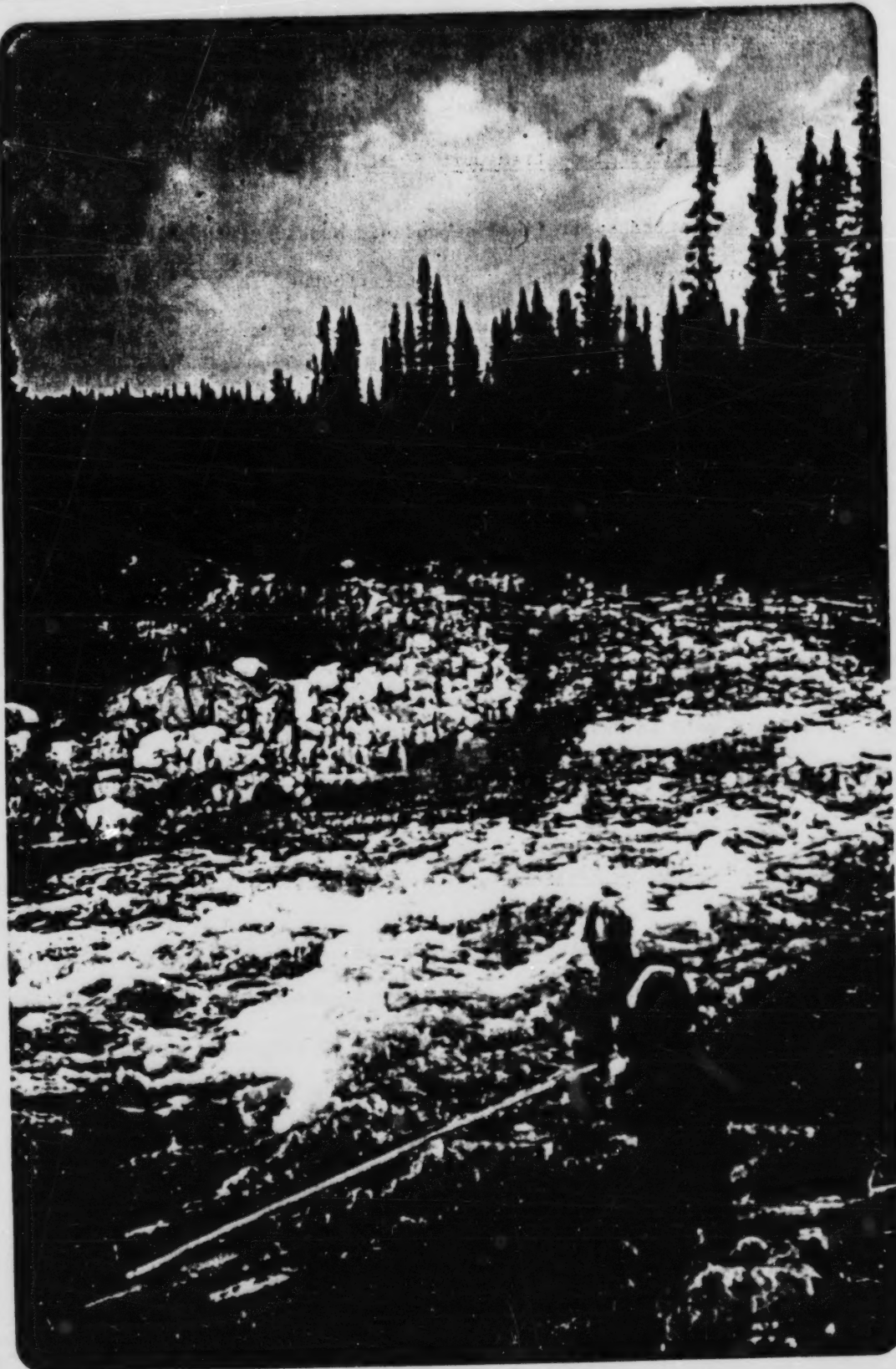


FIG. 33. - Flottage.

ques-unes énumérées sans égard à leur importance:

- le flottage suppose une infrastructure importante composée entre autres de barrages, dalles, estacades et bateaux; il exige une main-d'oeuvre abondante, spécialisée et de plus en plus coûteuse.
- les pertes de bois par calage sont de l'ordre de 3%.
- de plus en plus de pressions sont faites en vue de protéger l'environnement et ainsi d'une part préserver la qualité de l'eau, et d'autre part conserver lacs et rivières pour des fins récréatives.
- connaissant les taux actuels d'intérêt, il se trouve que plusieurs compagnies ne veulent pas supporter les inventaires que ce moyen de transport exige de façon à alimenter les usines en toutes saisons.
- le réseau routier actuel est suffisamment ramifié de sorte que l'accès à la forêt est facile et rapide; cet état de chose n'existait pas au moment où le flottage connaissait toute sa popularité.

Etant donné donc un tel contexte, il appert que le flottage disparaîtra totalement dans un laps de temps qu'il est difficile d'estimer.

2.2.12.2 Le transport ferroviaire

Le transport ferroviaire reste un élément majeur dans

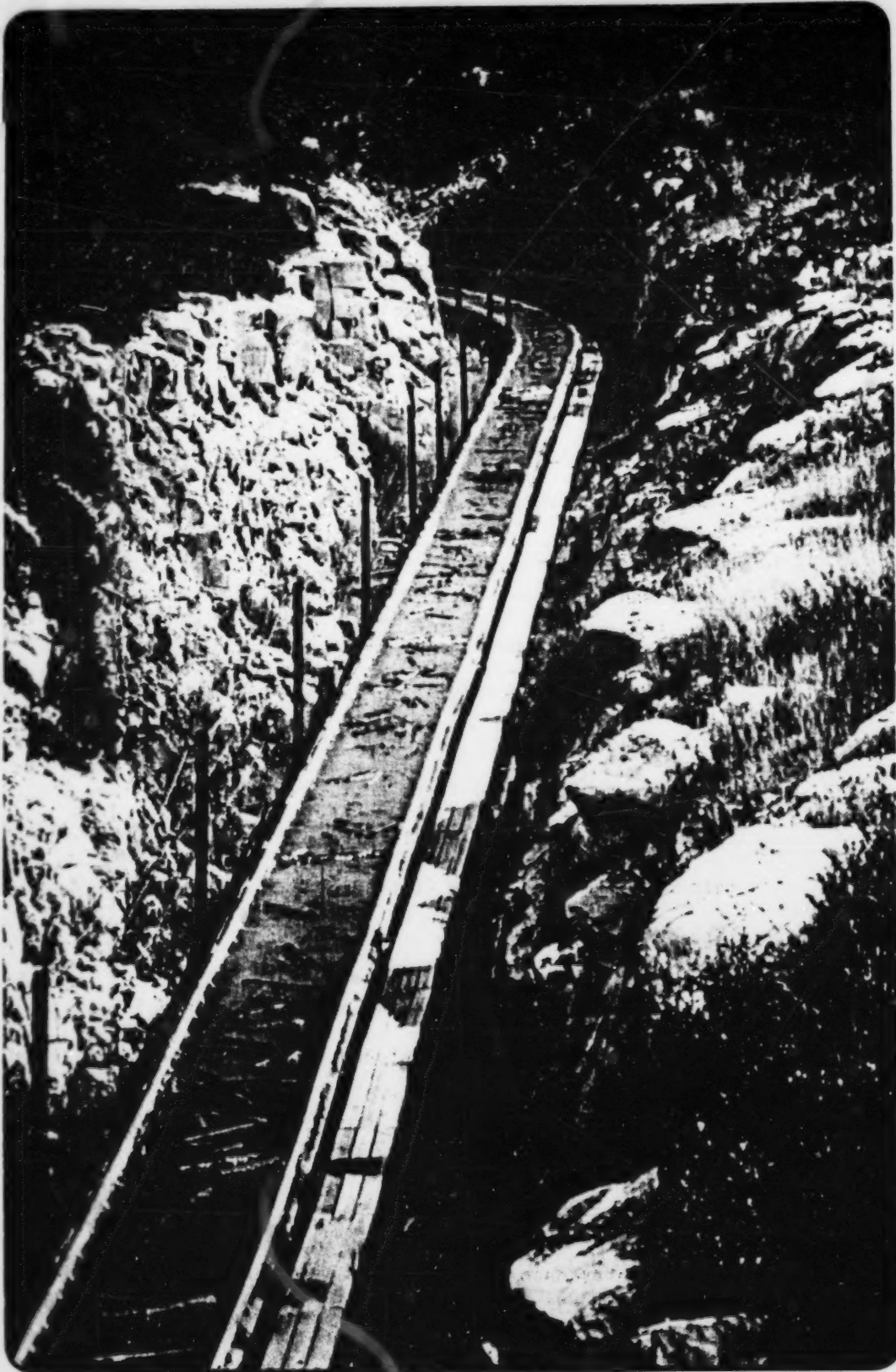


FIG. 34. - Dallage.

le transport des bois et dans certains cas, il devient le seul moyen de transport possible. En particulier lorsqu'on pense aux copeaux des régions du Nord-Ouest et du Lac St-Jean utilisés dans les usines de pâtes et papiers situées plus au sud.

Plusieurs critères entrent dans l'établissement des tarifs. En effet, les tarifs varieront suivant l'emploi d'un type ou l'autre de wagons. La cause de ces variantes s'explique par le fait que chaque type de wagon entraîne des intérêts et une dépréciation sur les prix d'achat différents. Il en est de même pour les frais d'entretien. De plus, à cause de leur spécialisation, les wagons employés dans le transport du bois sont assujettis à des périodes d'inactivité entraînant quand même de la part de la compagnie ferroviaire des frais élevés. Une augmentation des tarifs dans les moments productifs comble alors ces frais. Les autres facteurs à considérer sont: le cycle des wagons et le mouvement des wagons. Si la longueur du cycle augmente, le nombre de voyages pour un wagon, dans un temps donné, décroît et le nombre de wagons nécessaires, pour un volume donné, augmente. A partir de cela la compagnie établit des taux proportionnels au cycle des wagons. Le mouvement des wagons peut se faire de deux façons: par trains spéciaux et par trains réguliers. Il est généralement moins coûteux de déplacer la marchandise par trains réguliers étant donné qu'on répartit les coûts variables sur de grands volumes.



FIG. 35. - Transport par bateau.



FIG. 36. - Touage.



Aujourd'hui, les coûts de transport ferroviaire s'établissent à quelque \$0.06/cunit-mille.

2.2.12.3 Le transport par barge

Dans certaines conditions, et selon l'importance des volumes transportés et des distances à parcourir, la barge peut s'avérer très économique dans le transport des bois. Ce mode de transport est toutefois saisonnier. Il comporte donc le désavantage pour la compagnie de garder des stocks considérables et conséquemment de payer des frais d'inventaire assez élevés. Il suppose une infrastructure imposante: quais, bases de chargement et de déchargement, bateaux, etc... Le transport par barge est d'un emploi actuel limité et nul doute que sa popularité future diminuera graduellement.

2.3 Usage actuel et potentiel d'avenir

2.3.1 Usage actuel

Dans un chapitre antérieur, il a été fait mention des principaux systèmes d'exploitation actuellement en usage dans la province mais aucune donnée n'a, à ce moment-là, permis de classer leur importance. La présente rubrique se veut une description sommaire de l'usage actuel des divers types d'équipements qui composent ces systèmes. La plupart des commentaires qui suivront proviennent de statis-

tiques trouvées dans les "Logging Operations Reports" de l'Association Canadienne des Producteurs de Pâtes et Papiers (C.P.P.A.). Une compilation du nombre de machines/opération a été effectuée pour l'année 1974; les résultats sont confinés à la figure 37. On peut en dégager les quelques constatations suivantes:

- les phases de transport primaire sont toutes mécanisées
- la même constatation s'applique à la phase de transformation en bordure de route, destinée à produire des billes
- on note l'apparition d'ébrancheuses multiples dont l'incidence immédiate a été le maintien des coûts du bois en bordure de routes à un niveau stable
- les engins conçus pour le façonnage ne sont pas encore très bien acceptés. Cette impopularité semble due au fait que ces machines sont relativement nouvelles, qu'elles requièrent une réorganisation des opérations, qu'elles sont dispendieuses et doivent opérer avec un minimum de temps mort pour maintenance et réparation.

Une autre particularité caractérise la période actuelle: certaines abatteuses, spécifiquement construites pour l'exploitation forestière viennent lentement déloger les excavatrices montées de têtes abatteuses.

Devant une telle situation, on peut se demander ce qu'effectivement recherche l'industrie. Essentiellement, il appert que cette dernière recherche, entre autres et dépendant du produit final désiré,

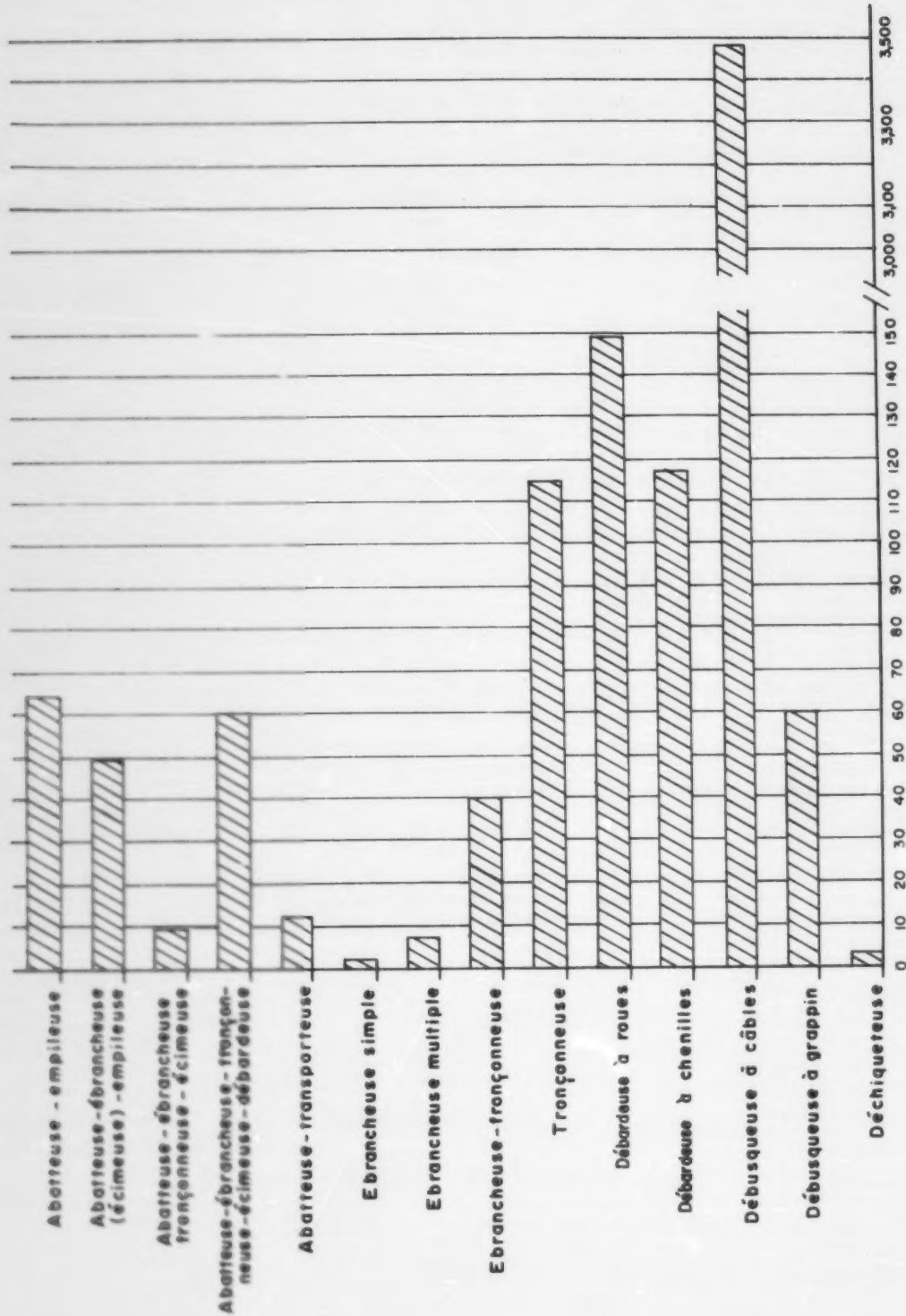


FIGURE. 37 - Nombre de machines en opération par type de machine en 1974

Source: Logging Operations Reports, (C.P.A.) pour 42 compagnies membres.

- ou bien une abatteuse-ébrancheuse-assembleuse capable de produire 2 troncs entiers ou plus/minute à la souche
- ou bien une abatteuse-débardeuse à forte capacité
- ou bien une abatteuse-ébrancheuse-débardeuse capable de façonner à la souche et transporter en bordure de route 1 tronc entier ou plus/minute.

2.3.2 Potentiel d'avenir

La figure 38 décrit de façon très schématique l'évolution de la mécanisation en forêt depuis 1950 jusqu'à 2000, et ce pour chaque type d'opération. On peut ainsi suivre l'évolution passée de chaque type d'engins et leur potentiel d'avenir. Cette figure n'a évidemment qu'une valeur indicative. Aucune échelle n'y est indiquée et les prévisions sont entachées d'un certain degré d'incertitude. L'on peut malgré tout en extraire un certain nombre de constatations, que l'on subdivisera en 2 groupes; 1) période 1975-1980 et 11) période 1980-2000.

1) Remarques concernant la période 1975-1980

- augmentation sensible du nombre de déchiqueteuses, du nombre d'ébrancheuses multiples ainsi que du nombre d'abatteuses-transporteuses.
- diminution presque complète des ébrancheuses simples ainsi que des abatteuses-ébrancheuses-tronçonneuses-étêteuses.
- tous les autres engins voient leur popularité connaître très peu de modification.

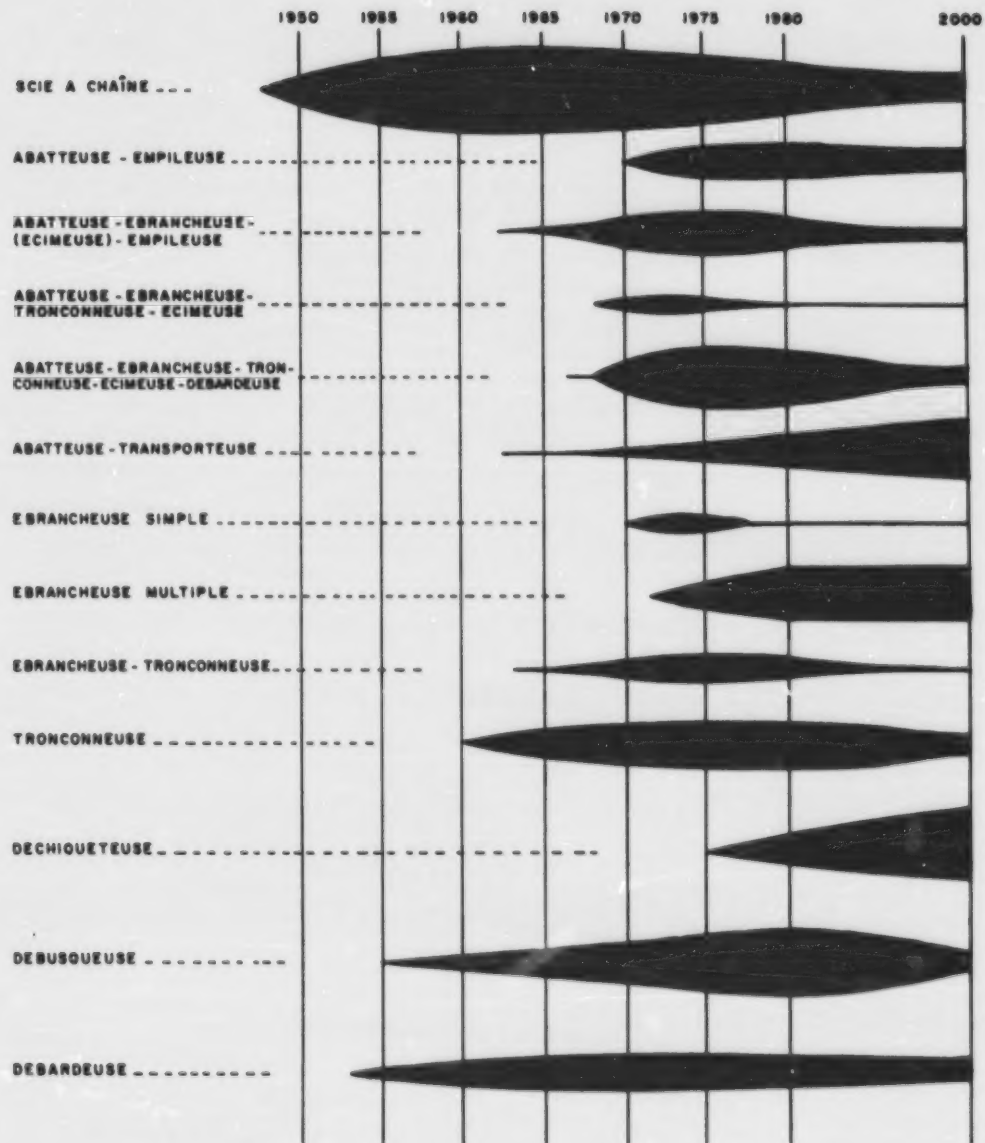


FIGURE. 38

EVOLUTION DE LA MECANISATION EN FORÊT DE 1950 A 2000

ii) Remarques concernant la période 1980-2000

- les abatteuses-transporteuses et les déchiqueteuses connaissent une importance accrue.
- les débardeuses et les ébrancheuses multiples se maintiennent à un niveau relativement uniforme.
- les ébrancheuses-tronçonneuses disparaissent presque complètement et rejoignent ainsi les abatteuses-ébrancheuses-tronçonneuses-étêteuses et les ébrancheuses simples dont la popularité s'est éteinte dans la période 1975-1980.
- tous les autres types d'équipement connaissent une diminution sensible mais on les retrouve encore en usage à l'époque 2000.

Ces constatations sont relativement aléatoires et seul l'avenir saura confirmer leur justesse.

2.4 Méthode d'établissement des fonctions de production

2.4.1 Les différentes étapes de la méthodologie

La fonction de production ou modèle de productivité est une relation mathématique exprimant la dépendance existant entre la productivité d'une opération quelconque et les facteurs du milieu jugés significatifs. La détermination d'une telle fonction obéit à une méthodologie particulière dont les différentes étapes peuvent être subdivisées ainsi: i) formulation de l'objectif et identification des contraintes de travail, ii) préparation du protocole ex-

périmental, iii) observation systématique de l'opération et, iv) analyse des opérations et synthèse des résultats.

i) Formulation de l'objectif et identification des contraintes de travail

Il importe de bien définir l'objectif visé par toute étude devant conduire à l'établissement d'une fonction de production. De cet objectif dépendront plusieurs des autres étapes à franchir, que ce soit leur existence même ou encore l'étendue ou l'intensité de leur réalisation. Quant aux contraintes de travail, elles sont nombreuses mais surtout reliées aux disponibilités d'argent, de personnel technique, de temps et quelquefois même de situations précises à observer.

ii) Préparation du protocole expérimental

Une fois spécifié l'objectif recherché et connues les restrictions particulières de travail, l'analyste se doit d'établir le protocole expérimental. Cette tâche est lourde de responsabilité car la précision de la fonction de production en dépendra largement. Apparaissent ci-après quelques-uns des principaux éléments que cette tâche implique:

- choix du ou des sites d'observation

- choix du ou des ouvriers ou opérateurs
- établissement du nombre d'observations
- énumération et définition des éléments de temps à observer
- identification des facteurs du milieu jugés significatifs et qui seront mesurés
- préparation d'un formulaire de prises de données

Compte tenu des diverses tâches ci-haut énumérées, il est assez évident que la préparation d'un protocole expérimental suppose une "pré-observation" (sur le terrain) de l'opération étudiée de façon à en connaître toutes les facettes.

iii) Observation systématique

Cette étape s'effectue sur le terrain; elle est la réalisation du protocole expérimental et signifie l'observation réelle de l'opération par la mesure des éléments de temps et des facteurs significatifs. Il s'agit d'une étape coûteuse, qui doit être effectuée par un agent d'étude qualifié, avec l'entière collaboration du personnel dérangé par l'observation (ouvrier ou opérateur, contremaître des travaux, etc...)

iv) Analyse des opérations et synthèse des résultats

La masse de données recueillies sur le terrain

doit maintenant être analysée. Cette activité implique un certain nombre de tâches telles que:

- l'élimination des données douteuses
- la séparation des éléments constants des éléments variables
- le calcul des équations de régression reliant les temps des éléments variables aux facteurs du milieu
- la compilation des temps improductifs
- l'assemblage des diverses équations de régression et la construction de la fonction de production

Comme on peut le constater, la fonction de production, quelle que soit sa simplicité de représentation, s'établit à partir d'un processus systématique, assez long, quelquefois laborieux et coûteux.

2.4.2 Les facteurs d'ajustement de la productivité

La fonction de production, dont le processus d'établissement a été brièvement décrit ci-dessus, correspond à des conditions normales ou moyennes d'opération. C'est donc dire que l'utilisateur d'une telle fonction devra d'abord s'assurer que le contexte où il veut l'appliquer représente bien un milieu normal ou moyen. Si ce dernier réalise qu'il n'en est pas ainsi, il pourra quand même se servir de cette fonction en prenant soin de l'ajuster au milieu particulier où il oeuvre.

Cet ajustement pourra se faire à l'aide des nomogrammes pré-

sentés aux figures 39 et 40. Nous en donnerons ci-après une description succincte.

Le nomogramme de la figure 39 permet d'ajuster la productivité théorique ou moyenne en fonction des causes de "mal ajustement" suivantes: l'expérience des opérateurs, leur formation théorique, les classes de matériel, la motivation des employés ainsi que les classes d'exploitabilité. Sont donc inclus dans cette figure les principaux facteurs susceptibles d'expliquer pourquoi une fonction de production quelconque ne peut exprimer correctement le rendement d'une opération particulière. L'utilisateur du nomogramme devra donc donner une valeur subjective (ou non) à chacun de ses facteurs, de façon à pouvoir lire sur son dernier axe, la valeur du facteur d'ajustement susceptible de corriger de la meilleure façon possible la productivité théorique.

Une de ces 5 causes de "mal ajustement" mérite une plus grande attention, soit le facteur d'exploitabilité. Le nomogramme de la figure 40 permet de voir quels sont les principaux éléments qui expliquent ce facteur; ce sont essentiellement: la pente du terrain, le type de sol, les classes d'obstacles, le type de couvert forestier et la saison. L'opérateur pourra donc beaucoup plus facilement établir ce facteur en identifiant ou quantifiant ces divers éléments du nomogramme.

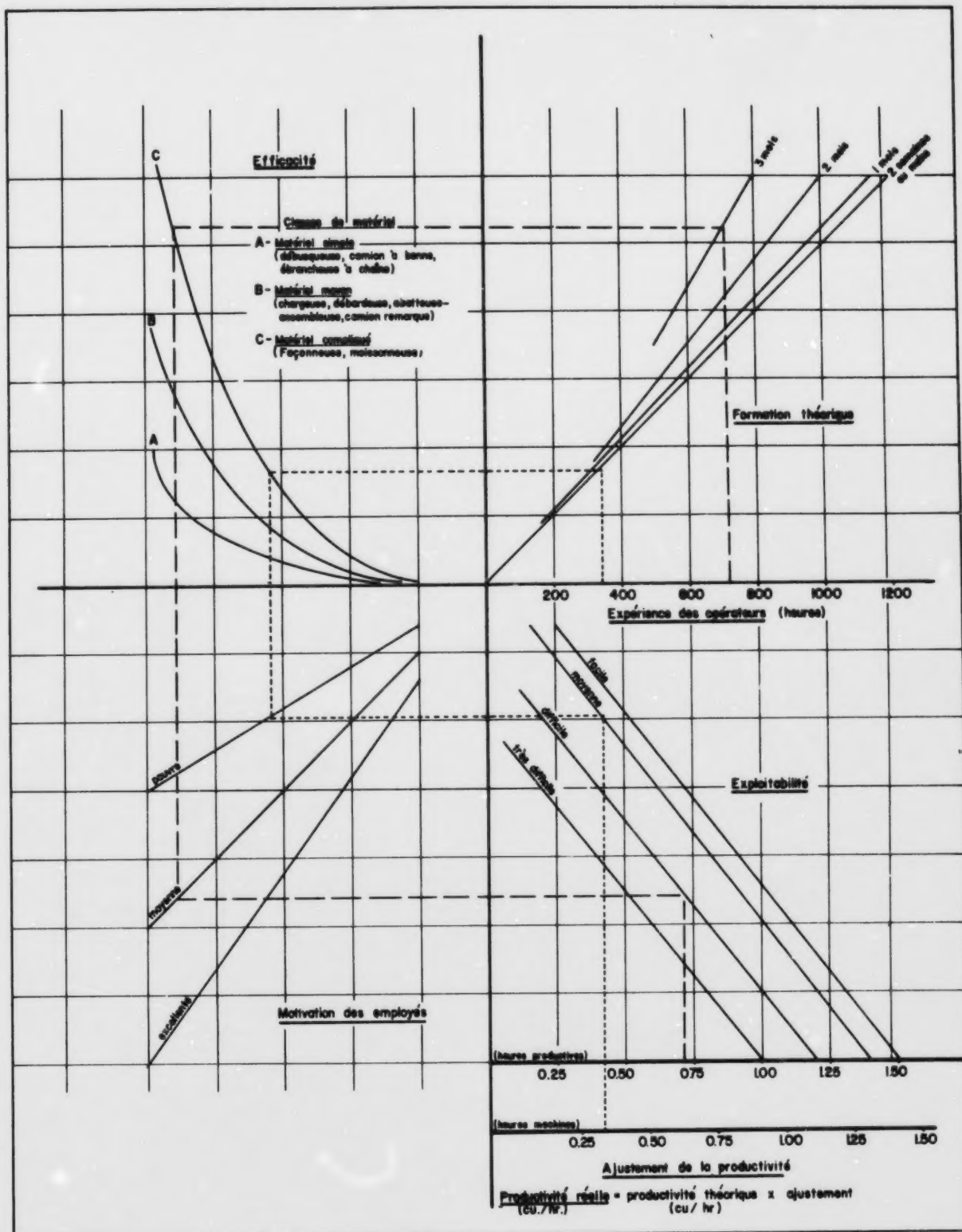


FIGURE 39

Ajustement de la productivité

2.5 Fonctions de production et degré de fiabilité

Toutes les fonctions de production utilisées dans la simulation des divers types d'équipements sont présentées en annexe; leur représentation graphique y apparaît aussi, prenant en considération les variables du milieu qui les affectent plus particulièrement. La figure suivante comporte un exemple de cette représentation graphique; l'équipement retenu est la débusqueuse à câbles et les variables considérées sont la distance de débusquage (pieds) et le DHP (pouces).

Certaines des fonctions utilisées sont connues avec une assez grande précision, ayant été construites à partir d'études systématiques sur le terrain. D'autres par contre sont subjectives, théoriques ou établies à partir d'études très préliminaires. Etant donné un tel contexte, la fiabilité placée dans chaque fonction varie considérablement d'un équipement à l'autre; ceci nous amènera un peu plus loin à quantifier le degré de fiabilité des procédés d'exploitation, étant donné les précisions relatives des diverses fonctions dont ces procédés sont composés.

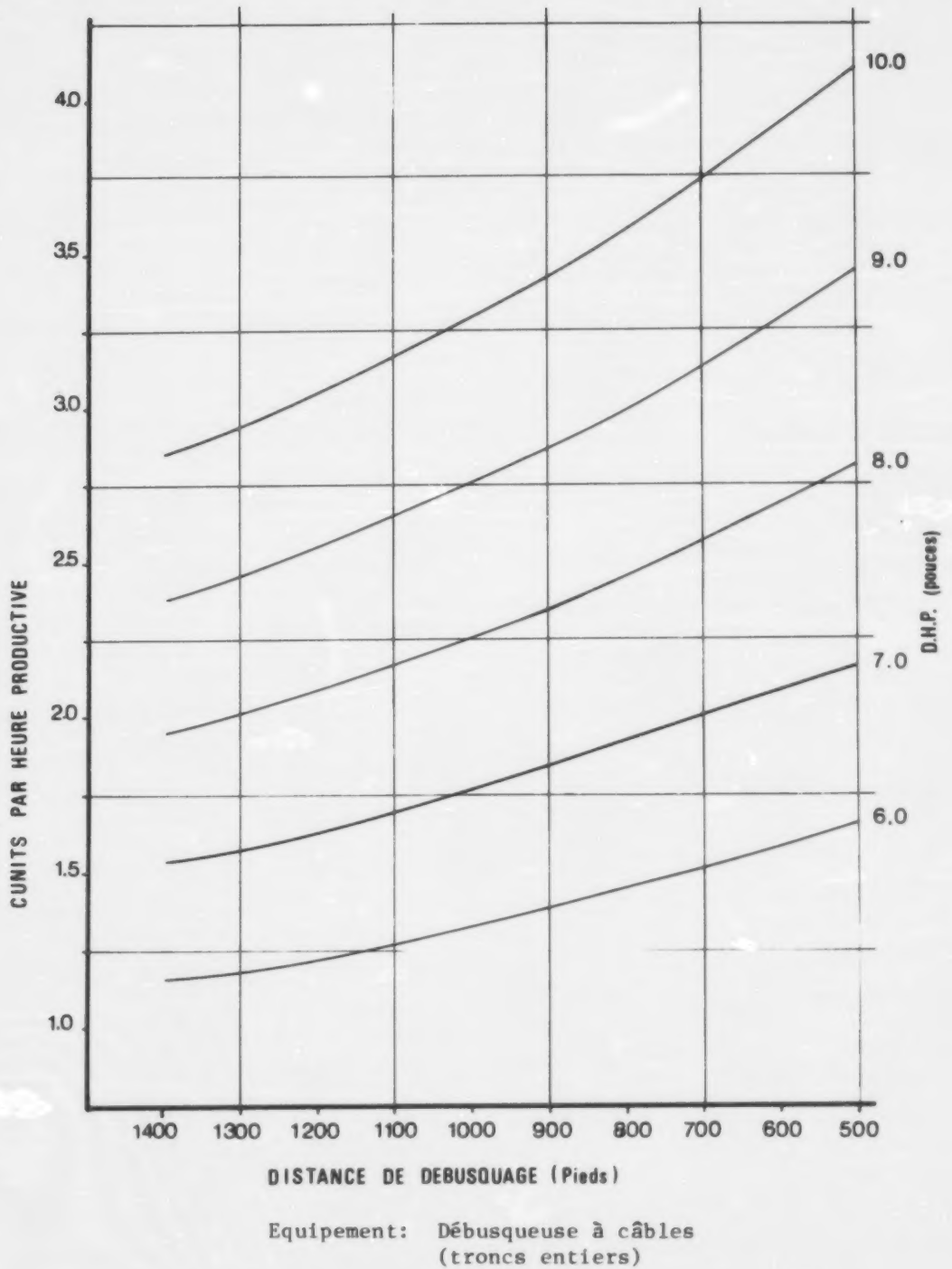


FIG. 41 - REPRESENTATION GRAPHIQUE D'UNE FONCTION DE PRODUCTION

2.6 Simulation du coût unitaire d'utilisation de l'équipement en fonction des paramètres de l'équipement et des variables du milieu

2.6.1 Le modèle de simulation

La simulation des divers équipements forestiers énumérés précédemment dans ce rapport a été effectuée à l'aide d'un programme - ordinateur appelé "SIMAT". Ce programme a été conçu spécifiquement pour simuler le matériel d'exploitation forestière, à partir des caractéristiques propres à chaque machine et des conditions particulières du milieu forestier où l'engin sera utilisé. Le programme comporte essentiellement les deux parties suivantes:

La première partie consiste à calculer les coûts horaires de l'équipement simulé par heure productive à partir de données d'entrée se rapportant aux principales caractéristiques de l'équipement évalué et de son milieu d'opération. Ainsi pour chacun des postes de dépenses énumérés ci-après, le programme effectue le calcul des coûts à partir de fonctions générales. Ces postes de dépenses sont:

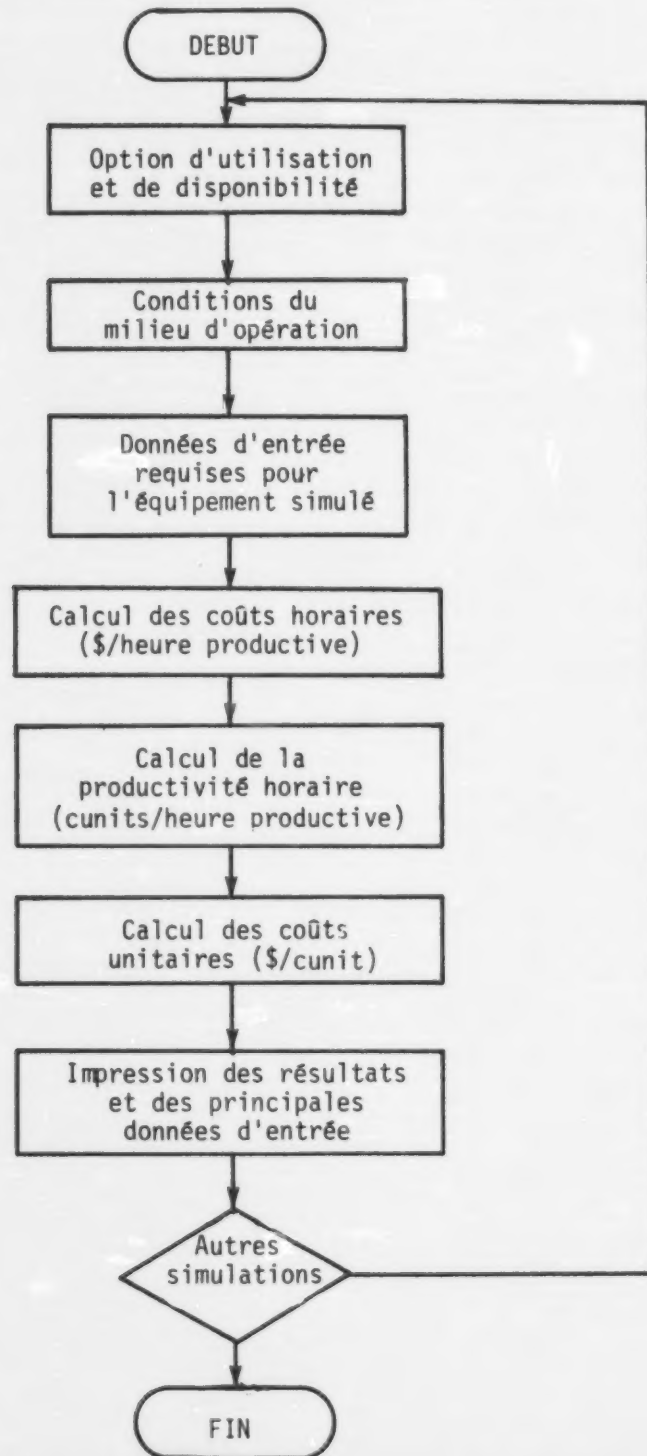
- la dépréciation et l'intérêt sur le capital investi
- les coûts d'opération de l'équipement
- les coûts de réparation et d'entretien du matériel évalué.

La deuxième partie du programme consiste à évaluer la productivité du matériel étudié à partir des fonctions de production à une ou plusieurs variables.

Ainsi, les résultats combinés de ces calculs permettent dans une étape ultérieure d'évaluer les coûts d'exploitation de l'équipement étudié par unité de volume soit en dollars par cunit.

Le programme a été conçu de façon à permettre plusieurs simulations à la fois, soit en faisant varier l'utilisation et la disponibilité du matériel évalué, ou les conditions forestières (type de peuplement et classe de terrain) du milieu d'opération. Des renseignements complémentaires sont présentés en annexe. La figure suivante permet de voir les différentes étapes franchies par le programme SIMAT.

FIGURE 42. Organigramme logique simplifié du programme SIMAT



2.6.2 Exemple d'une simulation du programme SIMAT

Nous présentons à la page suivante un exemple des résultats obtenus du programme SIMAT quant à la simulation d'une débusqueuse à câbles. Cet output comporte à la fois les données d'entrée utiles à la bonne marche du programme et l'ensemble des statistiques résultantes de la simulation; celles-ci sont essentiellement les coûts horaires et la productivité, et sont présentées de façon à pouvoir les relier aux principales variables du milieu. Cet output deviendra plus loin un élément important dans le choix des systèmes simulés.

Les résultats obtenus de la simulation d'environ 40 différents engins sont présentés en annexe.

Fig. 43 Analyse d'une opération forestière

ETUDE DES EQUIPEMENTS FORESTIERS
COGEF-MTF
QUEBEC-NOVEMBRE 1975

ANALYSE D'UNE OPERATION FORESTIERE

OPERATION:DEBUSQUAGE - EQUIPEMENT:DEBUSQUEUSE A CABLES(APRES ABATTAGE ET
EBRANCHAGE AVEC SCIE MEC.)

UTILISATION:0.75

X=DHP(PO.) Y=DIS.MOY. DE DEBUSQ.(PI.)

	6.0		7.0		8.0		9.0		10.0	
	*****		*****		*****		*****		*****	
	C/H	\$/C	C/H	\$/C	C/H	\$/C	C/H	\$/C	C/H	\$/C
500	1.66	12.37	2.23	9.22	2.82	7.27	3.45	5.94	4.13	4.98
600	1.58	12.93	2.12	9.68	2.69	7.64	3.29	6.24	3.93	5.23
700	1.51	13.60	2.03	10.14	2.57	8.00	3.14	6.54	3.75	5.48
800	1.44	14.22	1.94	10.60	2.45	8.37	3.00	6.84	3.59	5.73
900	1.38	14.83	1.86	11.06	2.35	8.73	2.88	7.14	3.44	5.98
1000	1.33	15.45	1.78	11.52	2.26	9.10	2.76	7.44	3.30	6.23
1100	1.28	16.07	1.71	11.98	2.17	9.46	2.65	7.74	3.17	6.48
1200	1.23	16.69	1.65	12.44	2.09	9.83	2.56	8.03	3.05	6.73
1300	1.19	17.30	1.59	12.90	2.01	10.19	2.46	8.33	2.94	6.98
1400	1.15	17.92	1.54	13.37	1.95	10.56	2.38	8.63	2.84	7.23

COUT HORAIRE DE L'EQUIPEMENT (\$/HRE.PROD.)

DEPRECIATION ET INTERET: \$ 5.57
REPARATION ET ENTRETIEN: \$ 4.99
OPERATION : \$ 1.30
MAIN-D'OEUVRE : \$ 8.67
TOTAL : \$20.53

VARIABLES D'OPERATION

PRIX(MACH.)=\$ 32000 HRES.PREV./AN.(MACH.)=1920
HRES.PREV./AN.(HOM.)=2080 DISP.=.80 UTILIS.=.75
VIE EC.(AN.)= 5.56 VIE EC.(1000 HRES.)= 8.00

VARIABLES DU MILIEU

DHP ET DIST. DE DEBUS. MOY., VOIR LE TABLEAU CI-HAUT
ARBRES/CUNIT=100/V ET V=-.707-.051D+.048D²+.009D³

FONCTION DE PRODUCTION

F1=60/((- .25+.162D-.018S+.011SD)A)
F1=CUNITS/HRE.PROD. D=DHP(PO.) A=ARBRES/CUNIT
S=DIST. MOY. DE DEBUSQ.(100 PI.)

2.6.3 Les facteurs d'ajustement du coût

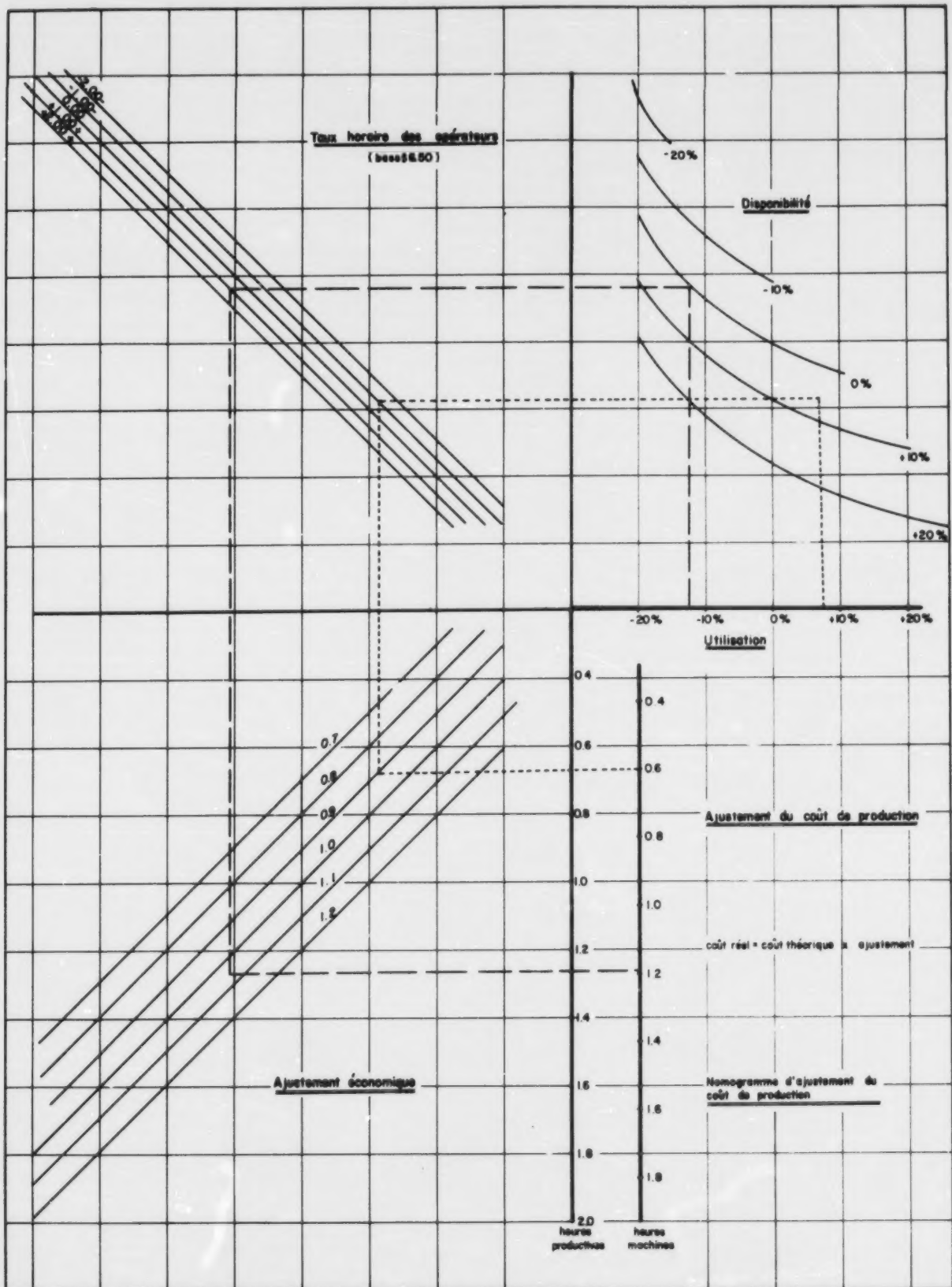
Le coût horaire de production de chaque équipement dépend, entre autres, de certaines hypothèses quant à sa disponibilité, son utilisation, son prix d'achat, sa valeur résiduelle, sa vie économique ainsi que le taux horaire des opérateurs. Le coût calculé par le programme ordinateur "SIMAT" correspond donc à une combinaison déterminée de valeurs assumées pour ces hypothèses. Si un utilisateur éventuel désire quelque peu s'éloigner de ces valeurs, plutôt que de refaire d'autres passes-ordinateur, il aura avantage à se servir des deux nomogrammes présentés aux figures 44 et 45.

Le premier nomogramme permet d'abord de quantifier dans l'ordre les variables suivantes: utilisation, disponibilité et taux horaire des opérateurs. Il est à noter que la modification s'effectue en supposant un certain éloignement (positif ou négatif) de la valeur moyenne entrée dans le programme "SIMAT": ainsi et à titre d'exemple, si le pourcentage (%) de disponibilité utilisé dans le programme est de 60% et que l'on veuille établir le coût de production avec un % de 70, il suffira d'identifier sur la partie du nomogramme consacrée à la disponibilité la courbe de + 10%.

En second lieu, le nomogramme permet un ajustement économique, ce dernier résultant de modifications éventuelles au prix d'achat, à la valeur résiduelle ainsi qu' à la vie économique. La détermination de cet ajustement fait appel à un nouveau nomogramme, soit celui de la

figure 45. Les possibilités de modifier les valeurs moyennes utilisées dans le programme y apparaissent clairement.

Une fois les valeurs des diverses variables clairement définies, l'utilisateur trouve sur le dernier axe du premier nomogramme la valeur du facteur d'ajustement qu'il appliquera par la suite au coût de production moyen donné par le programme SIMAT pour ainsi tenir compte des diverses modifications dont il a été fait mention au début de cette rubrique.



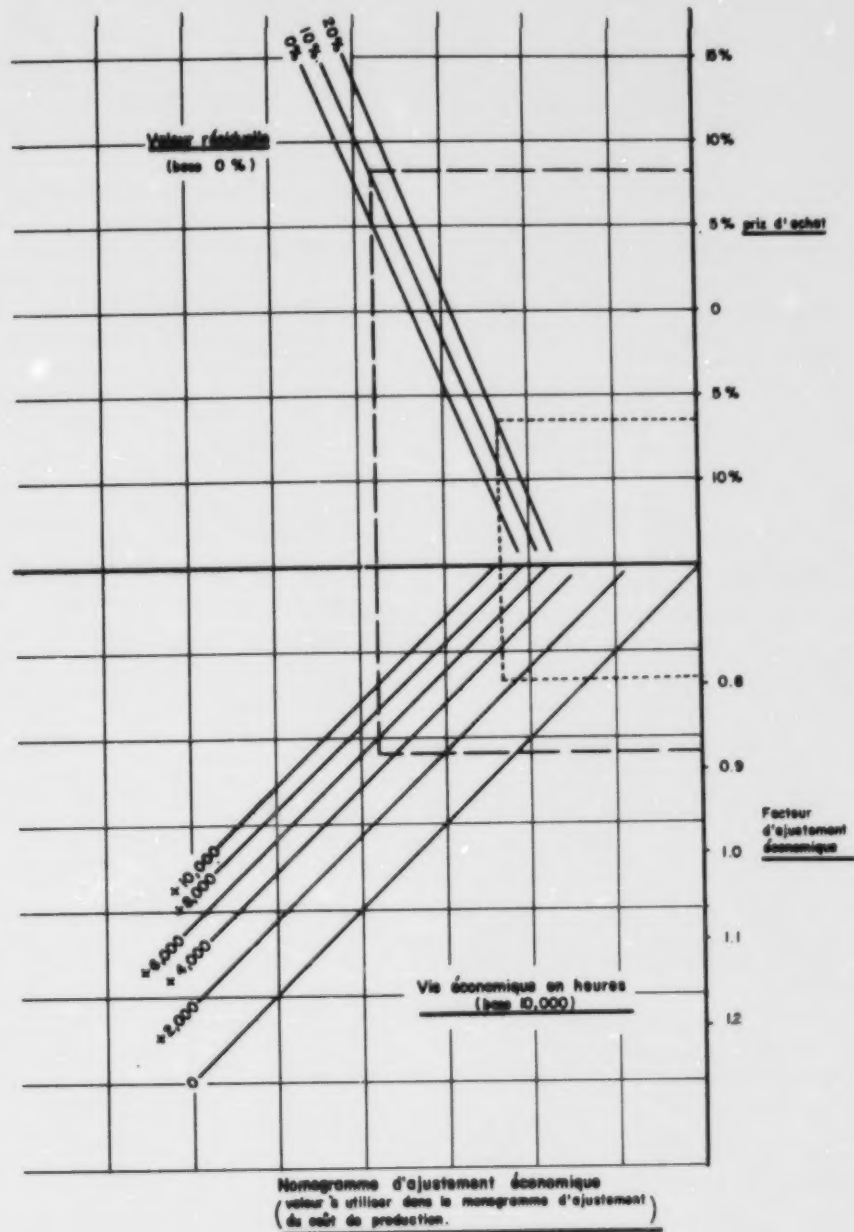


FIGURE 45

NOMOGRAMME D'AJUSTEMENT ÉCONOMIQUE

CHAPITRE 3. SIMULATION DES PRINCIPAUX PROCÉDES D'EXPLOITATION

3.1 Le modèle de simulation

Le modèle de simulation utilisé dans cette étude a été spécialement conçu pour permettre l'évaluation des différents procédés d'exploitation généralement retenus dans l'industrie forestière.

Ce modèle, connu sous le nom de SIMSYS, a été programmé sur ordinateur et utilisé pour tous les procédés simulés dans le cadre de cette étude.

L'output de l'ordinateur tel qu'illustré à la rubrique 3.3, est constitué de trois (3) tableaux pour chacune des évaluations: le premier fournit le détail du coût par cunit et de la productivité de la main-d'oeuvre; le deuxième indique les investissements requis, les besoins en main-d'oeuvre et le nombre de machines requises par type d'équipement; le troisième donne des renseignements sur les principales données d'entrée.

Le principal avantage de ce modèle est de pouvoir évaluer séparément chacune des opérations du procédé d'exploitation, compte tenu de l'interdépendance des opérations, et de mesurer l'influence des opérations directes (activités de récolte) sur les activités liées à l'administration (frais indirects).

Comme le modèle a été conçu pour permettre d'envisager toutes les hypothèses possibles d'opération, le programme qui en a résulté s'avère à cet égard très souple et très maniable.

Il est aussi très facile de modifier les hypothèses liées aux diverses activités et de changer les divers paramètres se rapportant, soit au milieu d'exploitation, soit au réseau routier, soit aux opérations directes ou indirectes du procédé simulé.

Les principales variables requises par le programme "SIMSYS" peuvent se répartir en quatre catégories comme suit:

- les variables du milieu d'exploitation
- les variables du réseau routier
- les variables d'opération
- les variables générales.

On trouvera à la page suivante un organigramme détaillé montrant les différentes étapes franchies par le programme SIMSYS.

RÉCOLTE ET TRANSPORT

Variables des
équipements forestiers
à simuler

Variables du milieu
d'exploitation

Variables du réseau
routier et du transport

Variables générales

CHOIX

- du procédé à simuler
- des conditions d'exploitation
- des taux de disponibilité
et d'utilisation de
l'équipement (Facteur
d'ajustement)

Données d'entrée et/ou
fonctions des coûts

Opération
Répartition et entretien
Dépréciation et intérêt
Main-d'œuvre

Calcul des coûts
horaires de
l'équipement
(\$/hre. prod.)

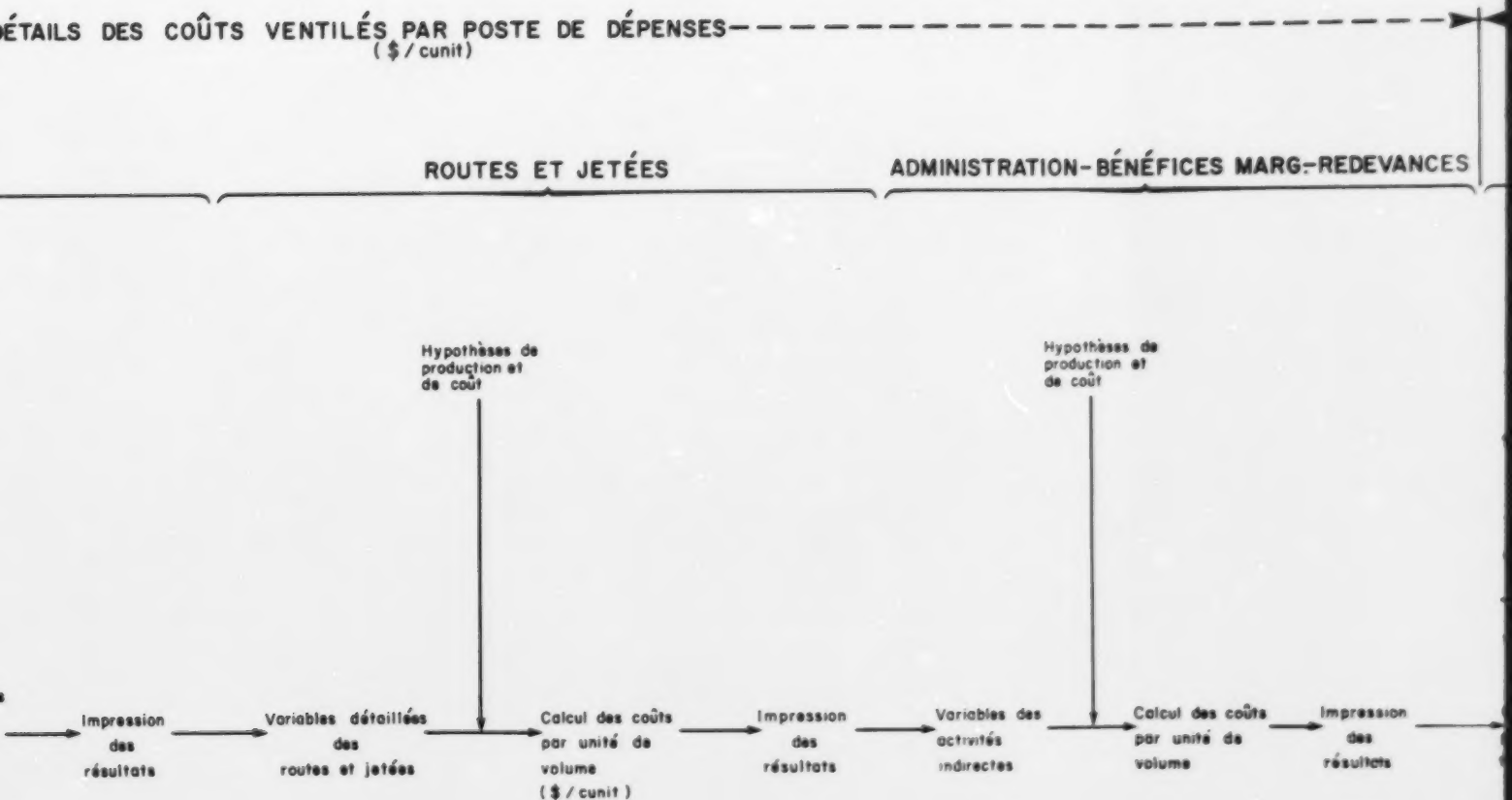
Données d'entrée et/ou
fonctions de production
des équipements simulés

Calcul de la
productivité des
équipements
forestiers
(cunits/hre. prod.)

Calcul des co
par unité de
volume
(\$/cunit)

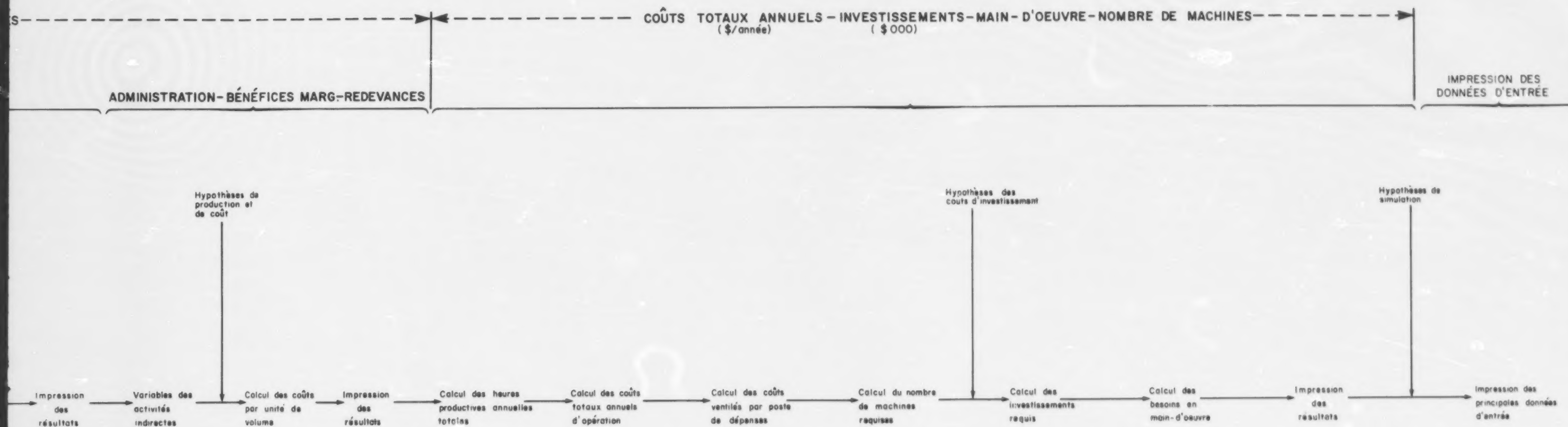
FIGURE.46 MODÈLE DE SIMULATION DES PROCÉDÉS D'EXPLO

DIAGRAMME SIMPLIFIÉ



DE SIMULATION DES PROCÉDÉS D'EXPLOITATION

DIAGRAMME SIMPLIFIÉ



3.2 Illustration des systèmes d'exploitation simulés

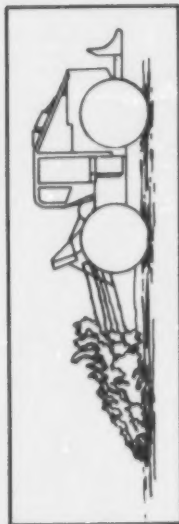
A la lumière des résultats obtenus par les simulations des équipements étudiés au chapitre précédent, nous avons procédé au choix du matériel à retenir pour la simulation de différents procédés d'exploitation. Certaines autres considérations telles que la popularité actuelle des équipements et leur potentiel d'avenir ont aussi aidé ce choix.

Au total, 20 procédés d'exploitation ont été retenus. Ils sont illustrés dans les quelques pages qui suivent. Le lecteur devra éviter d'identifier l'une ou l'autre des opérations qui y apparaissent par des marques connues d'équipement. Une telle démarche s'avérerait trompeuse puisque les fonctions utilisées dans le programme SIMSYS ne correspondent pas nécessairement à la machine illustrée ci-après.

3.3 Exemple d'une simulation du programme SIMSYS

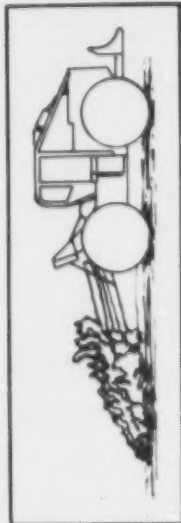
Nous présentons aux pages 148, 149 et 150 les résultats d'une simulation du programme SIMSYS. L'exemple choisi est celui du procédé conventionnel T1-2B. Les résultats sont confinés dans 3 tableaux et on peut y retrouver toutes les statistiques désirées. Il est utile à ce stage-ci de faire quelques remarques qui faciliteront la compréhension de ces outputs.

- chaque opération est affectée d'une appellation et d'un code
- le tableau 3 comporte les données unitaires par opération, alors que le tableau 4 reprend à peu de choses près les mêmes données en les appliquant à



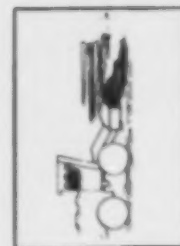
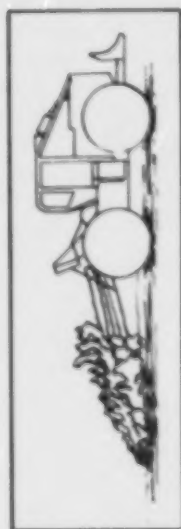
Abattage manuel
Débusquage d'arbres entiers
Chargement d'arbres entiers
Camionnage d'arbres entiers

FIG. 47 Procédé AI-4A



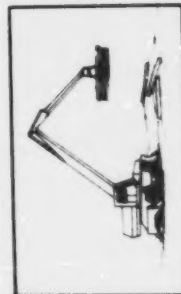
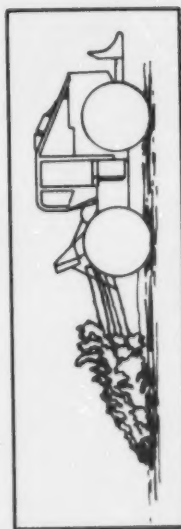
Abattage manuel
 Débusquage d'arbres entiers
 Ebranchage mécanisé
 Chargement de troncs entiers
 Camionnage de troncs entiers

FIG. 48 Procédé AI-IT



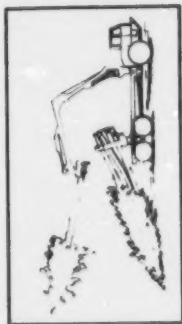
Abattage manuel
 Débusquage d'arbres entiers
 Ebranchage mécanisé
 Tronçonnage mécanisé
 Chargement de rondins
 Camionnage de rondins

FIG. 49 Procédé AI-2B



Abattage manuel
 Débusquage d'arbres entiers
 Ebranchage - tronçonnage mécanisé
 Chargement de rondins
 Camionnage de rondins

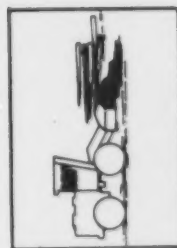
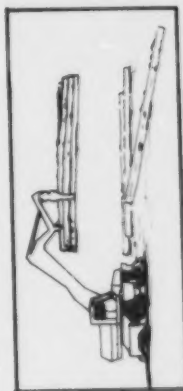
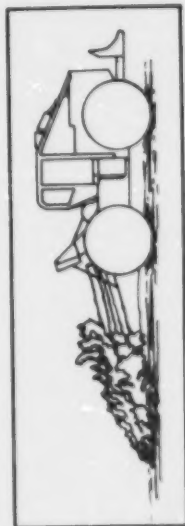
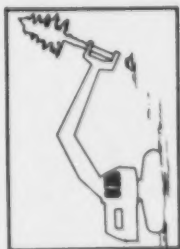
FIG. 50 Procédé AI-3B



Abattage - débardage mécanisé
Chargement d'arbres entiers
Camionnage d'arbres entiers

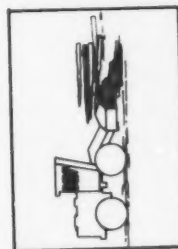
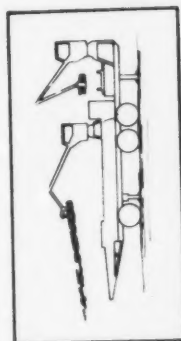
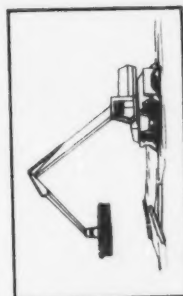
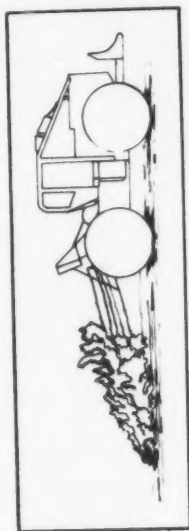


FIG. 51 Procédé A2-4A



Abattage mécanisé
 Débusquage d'arbres entiers
 Ebranchage mécanisé
 Chargement de troncs entiers
 Camionnage de troncs entiers

FIG. 52 Procédé A2-IT



Abattage mécanisé
 Débusquage d'arbres entiers
 Ebranchage mécanisé
 Tronçonnage mécanisé
 Chargement de rondins
 Camionnage de rondins

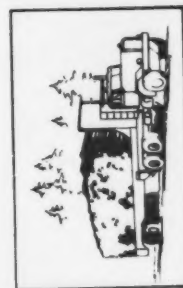
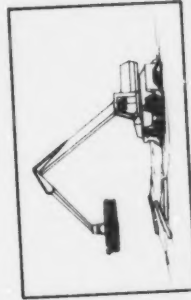
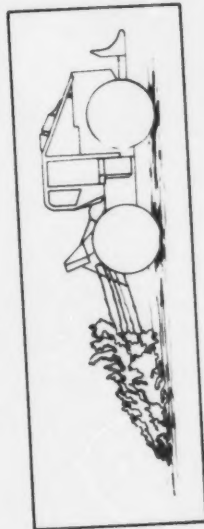


FIG. 53 Procédé A2 - 2B



Abattage mécanisé
Débusquage d'arbres entiers
Ebranchage - tronçonnage mécanisé
Chargement de rondins
Camionnage de rondins

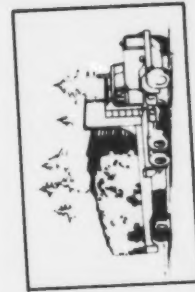
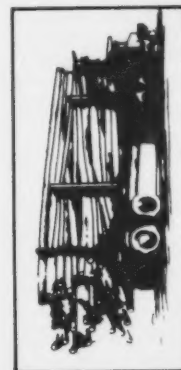
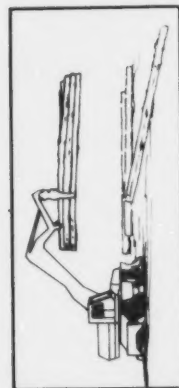
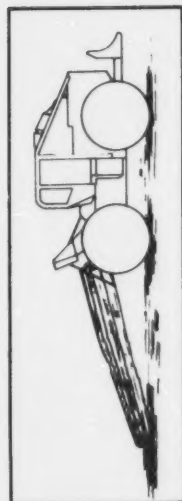
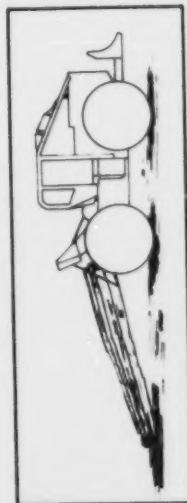


FIG. 54 Procédé A2 - 3B



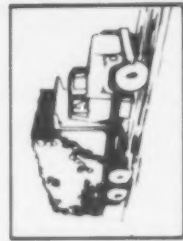
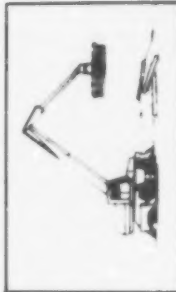
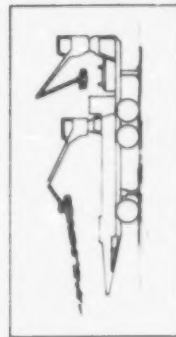
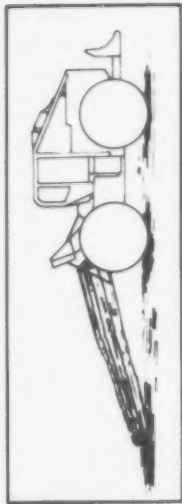
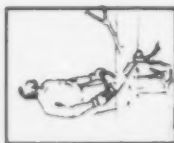
Abattage et ébranchage manuels
 Débusquage de troncs entiers
 Chargement de troncs entiers
 Camionnage de troncs entiers

FIG. 55 Procédé TI - IT



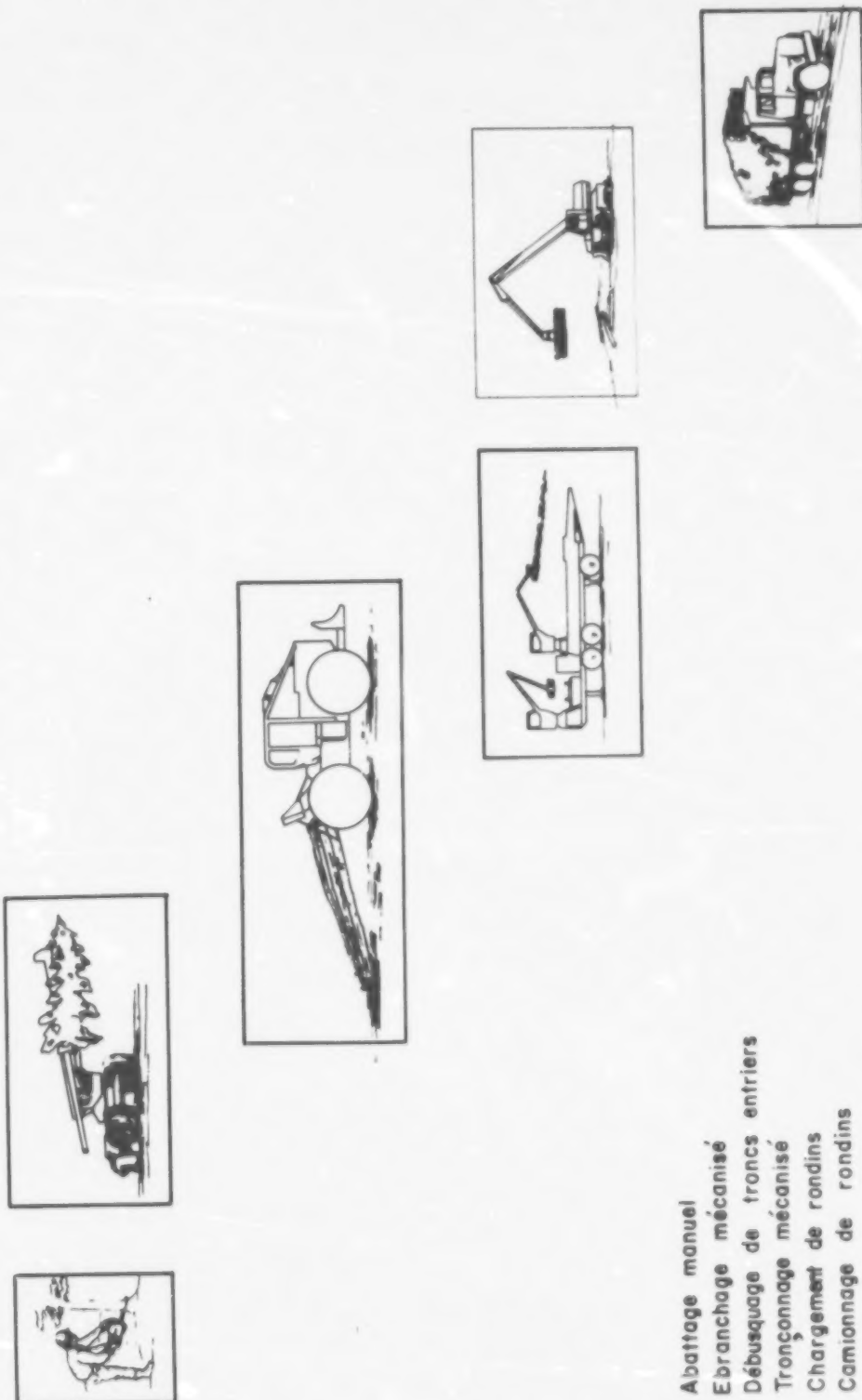
Abattage manuel
Ebranchage mécanisé
Débusquage de troncs entiers
Chargement de troncs entiers
Camionnage de troncs entiers

FIG. 56 Procédé T1-3T



Abattage et ébranchage manuels
 Débusquage de troncs entiers
 Tronçonnage mécanisé
 Chargement de rondins
 Camionnage de rondins

FIG. 57 Procédé T1-2B



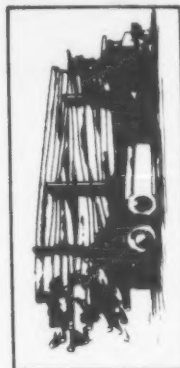
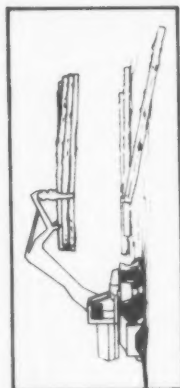
Abattage manuel
 Ebranchage mécanisé
 Débroussaillage de troncs entravés
 Tronçonnage mécanisé
 Chargement de rondins
 Camionnage de rondins

FIG. 58 Procédé TI-4B



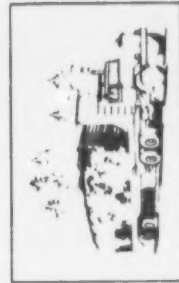
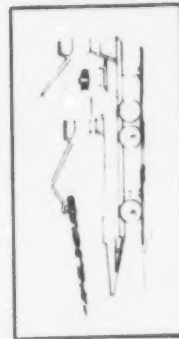
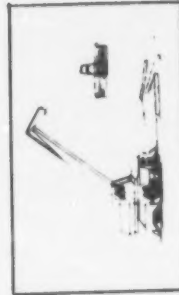
Abattage mécanisé
Ebranchage mécanisé
Débusquage de troncs entiers
Chargement de troncs entiers
Camionnage de troncs entiers

FIG. 59 Procédé T2 - IT



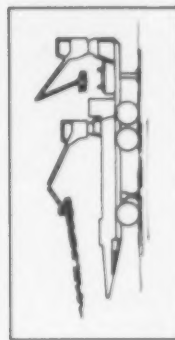
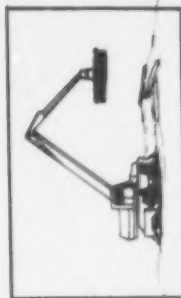
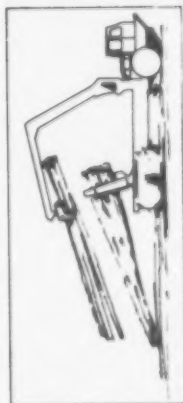
Abattage - ébranchage mécanisé
 Débusquage de troncs entiers
 Chargement de troncs entiers
 Camionnage de troncs entiers

FIG. 60 Procédé T2 - 3T



Abattage mécanisé
 Ebranchage mécanisé
 Débusquage de troncs entiers
 Tronçonnage mécanisé
 Chargement de rondins
 Camionnage de rondins

FIG. 61 Procédé T2 - 2B



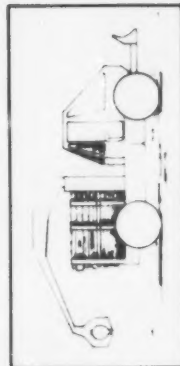
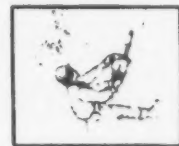
Abattage - ébranchage mécanisé
 Débusquage de troncs entiers
 Tronçonnage mécanisé
 Chargement de rondins
 Camionnage de rondins

FIG. 62 Procédé T2 - 4B



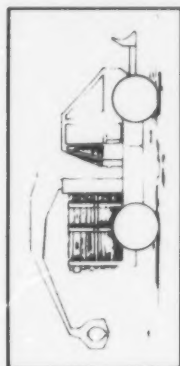
Abattage, ébranchage et tronçonnage manuels
Débardage de rondins
Chargement de rondins
Camionnage de rondins

FIG. 63 Procédé BI - IB



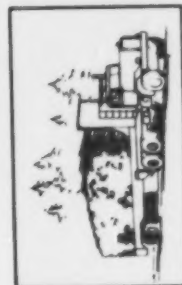
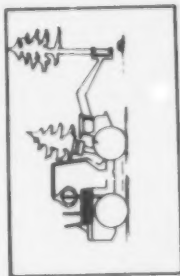
Abattage manuel
Ebranchage - tronçonnage mécanisé
Débardage de rondins
Chargement de rondins
Camionnage de rondins

FIG. 64 Procédé BI - 2B



Abattage mécanisé
Ebranchage - tronçonnage mécanisé
Débardage de rondins
Chargement de rondins
Camionnage de rondins

FIG. 65 Procédé B2-1B



Abattage - ébranchage - tronçonnage
débardage mécanisé

Chargement de rondins
Camionnage de rondins

FIG. 66 Procédé B2 - 2B

COGEF-MTF
1/ 776

STRATE: NO - 15.0/20.0 - 1.0 - PROU
TYPE DE PROCEDE D'EXPLOITATION: B1-18

SIMULATION DES PROCEDES D'EXPLOITATION

(DONNEES UNITAIRES)

CODE DE L'OPÉ- RATION	NOM DE L'OPÉ- RATION	CUNITS PAR HEURE PRODUCTIVE	COUT PAR HEURE PRODUCTIVE(\$)	COUT PAR CUNIT (\$)	VENTILATION DU COUT PAR CUNIT(\$)		UTILI- ISATION(%)	HRES-HOMME PREVUES PAR CUNIT
					DEPREC.	INTERET		
2	ABATMAN	0.67	3.67	13.00	0.00	0.00	75.00	1.9999
11	DEARPINC	6.40	44.18	6.82	1.62	0.49	65.00	.2374
71	CHARWILL	20.00	41.51	2.08	0.52	0.19	75.00	.0667
23	CAMWILL	1.38	19.66	14.20	1.58	0.62	75.00	.9630
SOUS-TOTAL				36.09	3.72	1.30		3.2669
01	JETTES+AU			0.57	0.16	0.08	0.33	.0208
02	CONCHEL+2			0.74	0.54	0.21	0.00	.0744
03	CONSCHEM3			1.57	0.48	0.25	0.84	.0318
04	ENTRECHEM			0.81	0.15	0.08	0.58	.0595
SOUS-TOTAL				3.70	1.32	0.63	1.75	.2364
05	SUPERVCOM			2.60	0.00	0.00	2.60	.4550
06	TRANSERS			1.29	0.44	0.17	0.63	.0208
07	TRANQUIP			0.34	0.03	0.04	0.23	.0203
08	GARAGNECA			0.00	0.00	0.00	0.00	.4242
09	FORMATION			0.17	0.00	0.00	0.17	.0203
90	MESURAGE			0.89	0.00	0.00	0.89	.1456
91	DEPCUISIN			1.63	0.00	0.00	1.63	.2191
92	FRAISGENE			1.50	0.00	0.00	1.50	3.0000
93	DEPERCAMIP			3.15	0.79	0.61	1.75	.0936
94	BENEFMARG			8.19	0.00	0.00	8.19	3.0000
95	REDEVPROT			7.00	0.00	0.00	7.00	0.0000
SOUS-TOTAL				26.75	1.30	0.81	24.64	1.4000
TOTAL				66.55	6.35	2.74	57.46	4.9033

***** NOMBRE D'HEURES PRODUCTIVES PAR CUNIT POUR LE PROCEDE: 2.443

Tableau 3. Simulation des procédés d'exploitation - données unitaires.

COGEF-MTF
1/ 7/76

STRATE: MO - 15.0/20.0 - 1.0 - PROB
TYPE DE PROCEDURE D'EXPLOITATION: 81-18

SIMULATION DES PROCÉDES D'EXPLOITATION

(TOTAL POUR UNE COUPE DE 100000 CUNITS PAR ANNEE)

CODE DE L'OPÉ- RATION	TOTAL DES HEURES PRODUCTIVES PAR ANNEE (1000 HRES)	COUT TOTAL PAR ANNEE (\$ 1000)	COUT TOTAL VENTILE PAR ANNEE (\$1000) DEPRECIATION INTERET DEPENSES COURANTES	NOMBRE DE MACHINES	INVESTISSEMENT TOTAL (\$1000)	NOMBRE TOTAL D'HOMMES
2	149.99	1299.9	0.0	0.0	0.0	96
11	15.43	661.6	162.0	48.7	6.2	11
71	5.00	207.5	52.1	18.7	1.8	3
23	72.22	1420.2	158.0	62.1	25.1	50
SOUS-TOTAL	242.64	3609.3	372.1	129.6	33.1	160
31	57.27	57.27	15.7	8.4	1.1	1
32	74.38	74.38	53.6	20.8	2.9	4
33	157.30	157.30	47.8	25.5	3.1	4
34	81.32	81.32	15.3	8.2	1.8	3
SOUS-TOTAL	370.3	370.3	132.4	62.8	9.0	12
45	259.77	259.77	0.0	0.0	0.0	22
46	129.17	129.17	43.9	17.0	35.1	1
47	34.00	34.00	7.7	3.7	1.1	1
48	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	20
49	17.00	17.00	0.0	0.0	0.0	1
50	39.00	39.00	0.0	0.0	0.0	7
51	162.66	162.66	0.0	0.0	0.0	11
52	150.00	150.00	0.0	0.0	0.0	0
53	314.74	314.74	73.8	60.7	787.8	5
54	81.13	81.13	0.0	0.0	0.0	0
55	700.00	700.00	0.0	0.0	0.0	0
SOUS-TOTAL	2675.5	2675.5	130.4	81.3	36.2	68
TOTAL		6655.0	634.9	273.7	78.3	240
					4204.7	

Tableau 4. Simulation des procédés d'exploitation - coupe de 100,000 cunits /année.

COGEF-MTF
1/ 7776

STRATE: MO - 15.0/20.0 - 1.0 - PROB
TYPE DE PROCEDE D'EXPLOITATION: B1-1B

SIMULATION DES PROCEDES D'EXPLOITATION

DONNÉES D'ENTRÉE

VARIABLES DU PEUPLEMENT

CUNITS/ACRE	DIP MOY.	HAUT. MOYENNE	VOLUME MOY/ARBRE	ARBRES/CUNIT	CLASSE DE TER.	ESP.DES ROUTES(PI)	CARIE
15.0	7.0	45.0	5.00	20.0	1.0	2000	.00

VARIABLES DES ROUTES

ROUTES A CONSTRUIRE	PROPORTION	MILLES DE ROUTE	ROUTES DE CAMIONNAGE	PROPORTION	DIST. DE CAMIONNAGE
1CLASSE 1	.20	35.0	1CLASSE 1	.70	(MILLES)
2CLASSE 2	.30		2CLASSE 2	.25	50.0
3CLASSE 3	.50		3CLASSE 3	.02	

VARIABLES DES OPERATIONS

CODE DE COUT	HRES PREVUES	HRES PAR AN/HOM.	UTIL. PROB.	VIE ECONOMIQUE	AJUST. D UTIL.	COUT PAR HRE	PRODUCTIVES
2	0	2080	.800	0.0	.050	18.67	0.00
11	105000	2080	.700	4.0	.050	14.18	3.12
71	150000	2080	.800	5.0	.050	11.51	5.50
23	35000	1920	.750	5.6	.050	19.66	2.75

VARIABLES DIVERSES

OPT. D EFFICAC.	TAUX D INT.	TAUX SAL. DE BASE	COUPE ANN.(CUNITS)	FACTEUR D ASSUR.	OPTION DE PROD.	OPT. DE COUT
0	.12	6.50	100000	.02	1	0

Tableau 5. Simulation des procédés d'exploitation - données d'entrée.

une coupe annuelle de 100,000 cunits.

- le tableau 5 renferme toutes les données d'entrée essentielles à la bonne marche du programme. Ces données sont explicitées dans le volume 2.
- la strate choisie pour la simulation et identifiée comme suit: MO-15.0/20.0-1.0-PROB, représente une forêt moyenne située sur terrain facile

MO : strate moyenne
15.0: nombre de cunits/acre
20.0: nombre d'arbres/cunit
1.0: classe de terrain
PROB: utilisation probable

- l'expression "heures productives" signifie la période durant laquelle l'homme ou la machine effectue vraiment l'opération qui lui incombe. Cette période inclut un minimum de temps improductifs mineurs mais le bris de machine ainsi que les temps improductifs majeurs sont exclus et considérés dans le facteur d'utilisation.

3.4 Analyse des résultats obtenus

Les principales données résultant de la simulation des différents procédés d'exploitation apparaissent au tableau 6: on y retrouve les données de productivité (exprimée en heures-homme/cunit) et de coût unitaire (\$/cunit); le tableau comporte aussi certaines statistiques concernant les investissements et la main-d'oeuvre requis pour une coupe annuelle de 100,000 cunits. Le tableau comprend 20 systèmes, lesquels sont répartis en 6 sections qui sont:

- systèmes où le bois est transformé en rondins à la souche et transporté comme tel à l'usine
- systèmes où le bois est transformé en troncs entiers à la souche et transporté à l'usine en rondins

TABLEAU . 6 Sommaire des résultats des simulations

FORME DU PRODUIT LORS DU TRANSPORT FINAL		ELEMENT D'INFORMATION		FORME DU PRODUIT LORS DU TRANSPORT PRIMAIRE										
				RONDINS				TRONCS ENTIERES				ARBRES ENTIERES		
				MECANISATION PARTIELLE		MECANISATION TOTALE		MECANISATION PARTIELLE		MECANISATION TOTALE		MECANISATION PARTIELLE		MECANISATION TOTALE
RONDINS	IDENTIFICATION DU SYSTEME		B1-1B	B1-2B	B2-1B	B2-2B	T1-2B	T1-4B	T2-2B	T2-4B	A1-2B	A1-3B	A2-2B	A2-3B
	Productivité(hrs-homme/cunif)		4.90	3.62	3.47	3.08	4.42	4.38	3.49	3.23	4.20	4.24	4.03	3.47
	COÛT (\$ / cunif)		66.55	62.63	58.30	69.26	63.77	69.88	64.90	57.45	62.86	68.27	67.72	67.61
	INVESTISSEMENT (\$, 000)		4,205	5,085	6,020	7,031	4,832	5,843	5,765	4,938	4,969	5,690	5,809	5,902
	MAIN D'OEUVRE REQUISE		240	178	171	153	215	214	171	159	206	208	200	171
TRONCS ENTIERES	IDENTIFICATION DU SYSTEME						T1-1T	T1-3T	T2-1T	T2-3T	A1-1T		A2-1T	
	Productivité(hrs-homme/cunif)						3.68	4.07	2.73	2.47	3.46		3.28	
	COÛT (\$ / cunif)						54.29	70.58	55.32	47.87	53.38		58.14	
	INVESTISSEMENT (\$, 000)						4,259	6,030	5,186	4,359	4,395		5,230	
	MAIN D'OEUVRE REQUISE						178	198	134	121	168		161	
ARBRES ENTIERES	IDENTIFICATION DU SYSTEME										A1 - 4A		A2 - 4A	
	Productivité(hrs-homme/cunif)										3.46		2.21	
	COÛT (\$ / cunif)										53.38		44.64	
	INVESTISSEMENT (\$, 000)										4,381		4,202	
	MAIN D'OEUVRE REQUISE										170		109	

- systèmes où le bois est transformé en troncs entiers à la souche et transporté comme tel à l'usine
- systèmes où le bois est transformé en arbres entiers à la souche et transporté en rondins à l'usine
- systèmes où le bois est transformé en arbres entiers à la souche et transporté en troncs entiers à l'usine
- systèmes où le bois est transformé en arbres entiers à la souche et transporté comme tel à l'usine.

En plus de cette première subdivision, on peut y différencier les systèmes complètement mécanisés de ceux qui ne le sont pas. Les codes identifiant chaque système permettent de retrouver la description donnée au sous-chapitre 3.2.

Certaines constatations d'ordre général découlent de l'observation de ce tableau:

- plus le produit transporté à l'usine est transformé, plus le coût unitaire est élevé, plus d'hommes il faut pour couper les 100,000 cunits, plus faible est la productivité et plus grands sont les besoins en investissements. Cet état de chose reflète peut-être une certaine évidence et les statistiques permettent de la confirmer.
- la mécanisation totale des procédés ne signifie pas une diminution appréciable des coûts unitaires mais se traduit par une augmentation de la productivité, une diminution de la main-d'oeuvre requise et une augmentation des dépenses d'investissement.

- dans quelques cas, la mécanisation cause certaines augmentations des coûts unitaires. Une telle situation s'explique comme suit: pour être vraiment efficace, tout effort de mécanisation doit compter sur une main-d'oeuvre qualifiée et entraînée et être supporté par une bonne structure d'organisation; si tel n'est pas le cas, les coûts du bois connaîtront des augmentations importantes.
- quelle que soit l'incidence de la mécanisation sur les coûts d'exploitation, le contexte actuel fait que cette dernière est essentielle à la livraison de stocks ligneux suffisants pour le bon fonctionnement des usines; la pénurie de main-d'oeuvre est à ce point aiguë dans certaines régions du Québec que la mécanisation devient un élément de solution indispensable. Il en découle que toute comparaison entre systèmes d'exploitation conventionnels et totalement mécanisés n'a dans bien des cas qu'un intérêt théorique.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

L'exploitation forestière est une opération complexe, variée et économiquement importante; elle englobe plusieurs champs d'activité; le présent dossier ne porte que sur l'analyse de sa technologie. Cette étude est loin d'être exhaustive et malgré tout, elle permettra d'avoir une somme d'informations considérable et nécessaire à la bonne marche de l'opération "Plan de Gestion" en fournissant les inputs désirés dans les activités telles que allocation des territoires, calcul de la possibilité économique, formation des régisseurs, établissement de droits de coupe variables, en plus de servir d'information de base pour le service des exploitations, service de la voirie forestière, Rexfor, dossier main-d'oeuvre, etc...

Sachant l'évolution et les transformations continues qu'a toujours connues l'exploitation forestière, ce travail, même si on le considère comme le plus actuel ou réaliste possible, ne peut être qualifié de final; quoiqu'il constitue un regroupement majeur des informations les plus disponibles et des outils de travail les plus avancés, plusieurs questions demeurent en suspens. C'est pourquoi il importe que le dossier exploitation demeure ouvert de sorte que toute nouvelle information puisse y être incluse rapidement et facilement. En vue d'une telle mise à jour continue nous recommandons entre autres:

- 1) que toute nouvelle machine devenue opérationnelle et ayant un potentiel attrayant soit soumise à une observation détaillée de façon à en construire des modèles de productivité et de coût.
- 2) que certaines fonctions jugées moins fiables et exprimant la pro-

ductivité de machines susceptibles de connaître une popularité intéressante soient améliorées.

- 3) que les fonctions reliées aux frais généraux soient re-évaluées afin de déterminer leur précision et de les corriger, si nécessaire.
- 4) que les structures organisationnelles, condition indispensable de l'efficacité des exploitations forestières, soient analysées en détail afin de vérifier si elles conviennent au contexte actuel ou si elles ne devraient pas être modifiées pour mieux satisfaire les besoins.
- 5) que les travaux soient entrepris concernant l'optimisation de l'ensemble des coûts reliés à la construction, l'amélioration et l'utilisation diverse des réseaux routiers présents ou futurs.
- 6) que le transport soit sujet à une analyse détaillée en vue d'en disséquer les composantes les plus significatives et d'en identifier les possibilités d'amélioration.

TERMINOLOGIE RELATIVE A L'EXPLOITATION FORESTIERE

Principaux procédés d'exploitation

Full-tree logging	-	Procédé d'exploitation en arbres entiers
Tree-length logging	-	Procédé d'exploitation en troncs entiers
Short-wood logging	-	Procédé d'exploitation en rondins(ou en billes)
Chip logging	-	Procédé d'exploitation en copeaux

Opérations

Felling	-	abattage
Delimbing, branching	-	ébranchage
Topping	-	étêtage (de préférence à écimage)
Bucking	-	tronçonnement (de préférence à tronçonnage)
Bunching	-	assemblage, empilage
Chipping	-	déchiquetage, découpage
Choking	-	câblage, élinguage
Skidding	-	débusquage
Forwarding	-	débardage
Loading	-	chargement
Loose loading (bulk)	-	chargement en vrac
Unloading	-	déchargement
Trucking (hauling)	-	camionnage
Transport loaded	-	transport en charge
Transport empty	-	transport à vide
Driving	-	flottage
Flumming	-	dallage (ou transport par dalle humide)
Towing	-	touage (ou remorquage)
Rafting	-	flottage en train
Shipping	-	transport par barge

Engins (machines, pièces d'équipement)

Chainsaw	- scie à chaîne, scie mécanique
Feller-buncher	- abatteuse-assembleuse (ou empileuse)
Feller-transporter (skidder, forwarder)	- abatteuse-transporteuse (débusqueuse, débardeuse)
Feller-delimber	- abatteuse-ébrancheuse
Harvester	- moissonneuse
Processor	- façonneuse
Chipharvester, chipper	- déchiqueteuse
Barker	- écorceuse
Single tree delimber	- ébrancheuse simple
Multiple tree delimber	- ébrancheuse multiple
Wheeled Skidder	- débusqueuse à roues (et non sur roues)
Track skidder	- débusqueuse à chenilles (ou chenillée)
Self-loading skidder	- débusqueuse auto-chargeuse
Cable skidder	- débusqueuse à câbles
Grapple skidder	- débusqueuse à pince
Articulated frame skidder	- débusqueuse à châssis articulé
Forwarder	- débardeuse
Spar	- mât d'arrimage
Skyline	- téléphérique
Mobile slasher	- tronçonneuse mobile
Stationnary slasher	- tronçonneuse stationnaire
Front-end loader	- chargeuse à fourche hydraulique
Knuckle boom loader	- chargeuse à flèche hydraulique
Brush cleaner	- débroussailleuse
Truck	- camion standard
Semi-trailer truck	- camion semi-remorque
Trailer truck	- camion remorque
Truck train	- train routier
Pallet truck	- camion à plate-forme amovible

Engins (machine, pièces d'équipement) suite

Piggy-back truck	- camion à remorque escamotable
Self-loading truck	- camion auto-chargeur
Pick-up truck	- camionnette
Tug	- remorqueur
Boom	- estacade
Jackladder	- monte-billes
Peavy, pike pole	- gaffe
Pulp hook	- crochet
Wedge	- coin
All-terrain vehicle	- véhicule tout-terrain
Grader	- niveleuse
Grubber	- déssoucheuse
Ripper	- scarificatrice
Crawler tractor	- tracteur à chenilles
Rock drill	- foreuse
Stacker	- empileuse
Conveyor	- convoyeur
Sorter	- classeuse

Parties d'équipement

Felling head	- tête abatteuse
Holding arms	- bras étrangleurs ou de préhension
Shear	- sécateur - cisaille
Guillotine	- guillotine
Cut - off saw	- scie à tronçonner
Swing saw	- scie balançoire, scie sur pendule
Sharpener	- affuteuse
Articulated boom with reach of	- flèche articulée ayant une portée de
Telescopic boom	- flèche télescopique
Grapple	- grappin dans le cas d'une chargeuse ou pince, pince auto-serrante, ou selette à pince dans le cas d'une débusqueuse
Log collector	- panier de réception (ou panier récepteur), panier d'emmagasinement, ou réceptacle.
Bucket	- godet
Branching mechanism	- dispositif d'ébranchage
Stripper type delimber	- ébrancheuse à collier
Milling head delimber	- ébrancheuse à couteaux rotatifs
Delimbing Knife	- ébrancheuse à couteaux
Flail delimber	- ébrancheuse à chaînes
Winch	- treuil
Tag line	- maître - câble
Chockers	- colliers d'attache, élingues
Logging arch	- arche de débusquage

Autres expressions

Primary transport	- transport primaire (débusquage ou débardage de la souche à la route).
Skidding	- débusquage (une partie de l'arbre traîne sur le sol).
Forwarding	- débardage (les billes, les troncs ou les arbres sont portés en entier sur la machine).
Secondary transport	- transport secondaire (de la route à une jetée intermédiaire de livraison ou de façonnage).
Final transport	- transport final (de la jetée intermédiaire à l'usine)
Landing	- jetée ou station d'empilage, de chargement de façonnage, ou de livraison.
Harvesting	- récolte, extraction (entre la souche et la route de camionnage).

DEFINITIONS

"Hot logging system" : - procédé dans lequel les opérations ont un fort degré de dépendance.

Abattage directionnel: - abattage effectué de manière à préparer les empilements de billes de façon à rendre l'opération de débardage la plus efficace possible.

Exploitation intégrée: - utilisation première des tiges par l'industrie des bois d'oeuvre et utilisation des rejets par l'industrie des pâtes et papiers.

REFERENCES

Kelly K.I. Timberjack RW-30. Logging Operations Group, Canadian Pulp and Paper Association.

Lussier L.J., 1973. Evolution technologique en Exploitation Forestière et Analyse des Procédés d'Exploitation; Outputs. Darveau, Grenier, Lussier et associés.

Myhrman Dag et Jan Sondell, 1972. The Bronemo Delimber. Teknik No 1E, Swedish Logging Research Foundation, Skogsarbeten.

Swedish Logging Research Foundation, 1975. Logging in Sweden. Design and operation of systems.

Diverses publications de l'Institut Canadien de Recherches sur les Pâtes et Papiers, du Service des Forêts de Environnement Canada, de l'Association Canadienne sur les Pâtes et Papiers (CPPA) et du Swedish Logging Research Foundation, Skogsarbeten.